

**PERBAIKAN KUALITAS BATIK CAP TERHADAP KETAHANAN
LUNTUR WARNA PENCUCIAN KAIN DENGAN MENGGUNAKAN
METODE TAGUCHI**

**SKRIPSI
TEKNIK INDUSTRI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**ANNISSA DIAN ISLAMI
NIM. 145060701111075**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 17 Mei 2018

Mahasiswa



Annissa Dian Islami
NIM. 145060701111075

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



repository.ub.ac.id

LEMBAR PENGESAHAN

**PERBAIKAN KUALITAS BATIK CAP TERHADAP KETAHANAN
LUNTUR WARNA PENCUCIAN KAIN DENGAN MENGGUNAKAN
METODE TAGUCHI**

SKRIPSI

TEKNIK INDUSTRI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



ANNISSA DIAN ISLAMI
NIM. 145060701111075

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing pada
tanggal 17 Mei 2018

Dosen Pembimbing

Debrina Puspita Andriani, ST., M. Eng.
NIP. 2013118912112001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Industri

Oyong Novareza, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19741115 200604 1 002

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul ***“Perbaikan Kualitas Batik Cap Terhadap Ketahanan Luntur Warna Pencucian Kain dengan Menggunakan Metode Taguchi”*** dengan baik.

Skripsi ini disusun sebagai bagian dari proses memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S-1) pada Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Setelah melewati berbagai tahapan, skripsi ini dapat diselesaikan berkat bantuan, semangat, motivasi, dan dorongan dari berbagai pihak. Penulis sepatutnya menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT. dengan rahmat, petunjuk, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi.
2. Kedua orang tercinta, Bapak Nakhrowi dan Ibu Mardiyati yang telah memberikan doa, semangat, kasih sayang, kesabaran, didikan, dukungan moril dan materiil tanpa henti sehingga penulis termotivasi untuk menyelesaikan skripsi, serta adik tersayang Anindya Talitha Chandradewi yang selalu memberikan semangat, canda tawa, kasih sayang serta dukungan yang tiada henti untuk penulis.
3. Bapak Oyong Novareza, ST., MT., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya dan Bu Rahmi Yuniarti, ST., MT. yang telah memberikan bimbingan serta ilmu kepada penulis.
4. Ibu Debrina Puspita Andriani, ST., M.Eng. sebagai Dosen Pembimbing atas kesediaannya dalam meluangkan waktu untuk membimbing, memberikan masukan dan saran, serta arahan yang sangat berharga bagi penulis selama masa pengerjaan skripsi.
5. Ibu Amanda Nur Cahyawati, S.T., MT. sebagai Dosen Pembimbing Akademik atas masukan, bimbingan, serta arahan selama masa studi penulis di Jurusan Teknik Industri.
6. Bapak dan Ibu Dosen, serta karyawan Jurusan Teknik Industri yang telah membagi ilmu akademik maupun non-akademik dan berbagai pengalaman hidup selama dalam dunia perkuliahan.
7. Ibu Indah dan Pak Nasir sebagai pembimbing lapangan yang sangat baik dan sabar selama penulis melakukan penelitian dan atas bantuan informasi yang diberikan kepada penulis.

8. Teman-teman dekat penulis semenjak awal kuliah, Tita, Nindi, Nado, Bunga, Prita yang selalu memberikan semangat, motivasi, bantuan, teguran dan menemani dalam suka maupun duka selama menjadi mahasiswa Teknik Industri.
9. Sahabat terbaik penulis yang jauh di mata namun dekat di hati, Meidy dan Danti yang telah memberikan motivasi dan semangat dengan menanyakan skripsi penulis.
10. Teman-teman seperantauan silvera Malang Aurel, Dinda, Fini, Nindi, GM, Icha, dan teman-teman lainnya yang selalu hadir dan memberikan motivasi dalam pengerjaan skripsi.
11. Keluarga kedua penulis tercinta, Red Team '14, Ezy, Medi, Roby, Bobon, Billy, Livia, Shasha, Tantri yang selalu memberikan dukungan, motivasi, semangat, berbagi suka dan duka, revisi bareng, dan selalu menemani dalam pembuatan skripsi.
12. Ibu Debrina Puspita Andriani, ST., MT., sebagai orang tua penulis di Laboratorium dan adik-adik SRK'15 Bimo, Harry, Zaki, Charlie, Firda, Shintya, Tara. Ansoph, Febrina serta seluruh Keluarga Besar Laboratorium SRK yang telah memberikan dukungan dan doa yang sepenuhnya untuk penulis.
13. Uzlifatul Jannah, Mbak Us Trijaya, yang berperan aktif dalam mendukung penyelesaian skripsi. Tanpa peran beliau skripsi ini tidak akan selesai tepat pada waktunya.
14. Seluruh teman-teman tersayang 2014 Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya atas kebersamaan, kekeluargaan, kegigihan, doa, dan kerjasama dalam masa studi hingga penyelesaian skripsi ini.
15. Seluruh pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan studi dan skripsi yang tidak penulis sebutkan satu persatu.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa skripsi ini belum sempurna karena keterbatasan ilmu dari penulis dan kendala-kendala yang terjadi selama pengerjaan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran untuk penyempurnaan tulisan di waktu yang akan datang. Harapannya tulisan ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan untuk penelitian dan pengembangan yang lebih lanjut.

Malang, April 2018

Penulis

DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
RINGKASAN	xiii
SUMMARY	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	6
1.3 Rumusan Masalah	6
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Batasan Masalah	6
1.6 Asumsi Penelitian	7
1.7 Manfaat Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Penelitian Terdahulu	9
2.2 Batik.....	11
2.3 Batik Cap.....	12
2.4 Syarat Mutu Batik Cap.....	12
2.5 Proses Pembuatan Batik Cap	14
2.6 Pengujian Ketahanan Luntur Warna Terhadap Pencucian (SNI ISO 105-C06:2010)	14
2.7 Kualitas	17
2.8 Rekayasa Kualitas	18
2.9 Desain Eksperimen	18
2.10 Metode Taguchi	18
2.10.1 Langkah-langkah Metode Taguchi	19
2.10.2 <i>Orthogonal Array</i>	21
2.10.3 Klasifikasi Karakteristik Kualitas	23
2.10.4 Klasifikasi Parameter	24
2.10.5 <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA)	25

2.10.6 <i>Pooling</i> Faktor yang Tidak Signifikan	27
2.10.7 <i>Signal Noise to Ratio</i> (S/N Ratio).....	27
2.10.8 Derajat Bebas (<i>Degree of Freedom</i>).....	28
2.10.9 Interval Kepercayaan	28
2.10.10 Eksperimen Konfirmasi	29
BAB III METODE PENELITIAN	31
3.1 Jenis Metode Penelitian	31
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	31
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	31
3.4 Tahap Penelitian	32
3.4.1 Tahap Penelitian Pendahuluan.....	32
3.4.2 Tahap Perencanaan Eksperimen.....	33
3.4.2.1 Tahap Perancangan Desain Eksperimen Taguchi	34
3.4.2.2 Tahap Pelaksanaan dan Analisis Eksperimen Taguchi	36
3.5 Diagram Alir Penelitian	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	45
4.1 Gambaran Umum Perusahaan	45
4.2 Bahan Baku dan Alat Pembuatan Batik Cap	46
4.3 Proses Pembuatan Batik Cap	50
4.4 Penetapan Karakteristik Kualitas	52
4.5 Penetapan Faktor dan Level Faktor Berpengaruh	52
4.6 Penentuan Derajat Kebebasan dan Penetapan <i>Orthogonal Array</i>	55
4.7 Penugasan pada <i>Orthogonal Array</i>	56
4.8 Pelaksanaan Eksperimen Taguchi	57
4.8.1 Pengumpulan Data Eksperimen Taguchi	57
4.8.2 Pengolahan Data Eksperimen Taguchi	58
4.8.2.1 Pengolahan Data Eksperimen Taguchi Tingkat Perubahan Warna (<i>Gray Scale</i>)	58
4.8.2.1.1 Perhitungan <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) Nilai Rata-Rata untuk Data Variabel Tingkat Perubahan Warna (<i>Gray Scale</i>)	59
4.8.2.1.2 Perhitungan <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) Nilai <i>Signal Noise to Ratio</i> (SNR) untuk Data Variabel Tingkat Perubahan Warna (<i>Gray Scale</i>).....	70

4.8.2.1.3	Penentuan <i>Setting Level</i> Optimal Tingkat Perubahan Warna (<i>Gray Scale</i>)	75
4.8.2.1.4	Perkiraan Kondisi Optimal dan Interval Kepercayaan Nilai Tingkat Perubahan Warna (<i>Gray Scale</i>)	76
4.8.2.1.5	Eksperimen Konfirmasi Tingkat Perubahan Warna (<i>Gray Scale</i>)	78
4.8.2.2	Pengolahan Data Eksperimen Taguchi Tingkat Penodaan Warna (<i>Staining Scale</i>)	82
4.8.2.2.1	Perhitungan <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) Nilai Rata-Rata untuk Data Variabel Tingkat Penodaan Warna (<i>Staining Scale</i>)	82
4.8.2.2.2	Perhitungan <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) Nilai <i>Signal Noise to Ratio</i> (SNR) untuk Data Variabel Tingkat Penodaan Warna (<i>Staining Scale</i>)	94
4.8.2.2.3	Penentuan <i>Setting Level</i> Optimal Tingkat Penodaan Warna (<i>Staining Scale</i>)	99
4.8.2.2.4	Perkiraan Kondisi Optimal dan Interval Kepercayaan Nilai Tingkat Penodaan Warna (<i>Staining Scale</i>)	99
4.8.2.2.5	Eksperimen Konfirmasi Tingkat Penodaan Warna (<i>Staining Scale</i>)	102
4.9	Analisis Dan Pembahasan	106
BAB V PENUTUP		111
5.1	Kesimpulan	111
5.2	Saran	112
DAFTAR PUSTAKA		113
LAMPIRAN		115



Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Hasil Pengujian Ketahanan Luntur Warna Batik Cap terhadap Pencucian Kondisi Awal Batik	4
Tabel 1.2	Faktor yang digunakan untuk pembuatan batik cap saat ini pada CV. Subur Makmur	4
Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Saat Ini	11
Tabel 2.2	Ciri Batik Cap	13
Tabel 2.3	Syarat Mutu Batik Cap	13
Tabel 2.4	Evaluasi Tahan Luntur Warna	15
Tabel 2.5	Kain Pelapis dan Pasangannya Untuk Pengujian Ketahanan Luntur Warna....	15
Tabel 2.6	<i>Orthogonal Array</i>	22
Tabel 2.7	<i>Orthogonal Array</i> L ₉ (3 ⁴)	23
Tabel 2.8	<i>Orthogonal Array</i> L ₈ (2 ⁷)	23
Tabel 2.9	Karakteristik Kualitas	23
Tabel 2.10	Tabel Respon dari Pengaruh Faktor	25
Tabel 2.11	Tabel Data Variabel	26
Tabel 2.12	Perbandingan Selang Kepercayaan Nilai Prediksi dan Eksperimen Konfirmasi	29
Tabel 3.1	Faktor Berpengaruh	34
Tabel 3.2	Faktor dan Level Faktor pada Kondisi Aktual	34
Tabel 3.3	Perhitungan <i>Degree of Freedom</i>	35
Tabel 3.4	<i>Orthogonal Array</i>	35
Tabel 4.1	Bahan Baku Proses Produksi Batik Cap	46
Tabel 4.2	Peralatan Proses Produksi Batik Cap.....	49
Tabel 4.3	Tahapan Proses Pembuatan Batik Cap	50
Tabel 4.4	Identifikasi Faktor.....	53
Tabel 4.5	Klasifikasi Faktor Desain Eksperimen	55
Tabel 4.6	<i>Degree of Freedom</i> untuk Faktor yang Terkontrol dalam Penelitian.....	55
Tabel 4.7	<i>Orthogonal Array</i> L ₈ (2 ⁷).....	56
Tabel 4.8	Penugasan pada <i>Orthogonal Array</i>	57
Tabel 4.9	Hasil Pengujian Ketahanan Luntur Warna Terhadap Pencucian dengan nilai Perubahan Warna (<i>Gray Scale</i>) dan Penodaan Warna (<i>Staining Scale</i>).....	58
Tabel 4.10	Perhitungan Rata-Rata Tingkat Perubahan Warna (<i>Gray Scale</i>)	59

Tabel 4.11	Tabel Respon Rata-Rata Tingkat Perubahan Warna (<i>Gray Scale</i>)	60
Tabel 4.12	<i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) Nilai Rata-Rata Tingkat Perubahan Warna (<i>Gray Scale</i>)	64
Tabel 4.13	<i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) <i>Pooling</i> Rata-Rata Tingkat Perubahan Warna (<i>Gray Scale</i>)	68
Tabel 4.14	<i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) Rata-Rata Setelah <i>Pooling</i>	68
Tabel 4.15	Hasil Perhitungan Signal Noise to Ratio Tingkat Perubahan Warna (<i>Gray Scale</i>).....	71
Tabel 4.16	Tabel Respon <i>Signal Noise to Ratio</i> Tingkat Perubahan Warna (<i>Gray Scale</i>)	71
Tabel 4.17	<i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) Nilai SNR Tingkat Perubahan Warna (<i>Gray Scale</i>).....	72
Tabel 4.18	<i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) Nilai SNR <i>Pooling</i> Tingkat Perubahan Warna (<i>Gray Scale</i>)	74
Tabel 4.19	Perbandingan Pengaruh Faktor pada Eksperimen Taguchi untuk Tingkat Perubahan Warna (<i>Gray Scale</i>).....	75
Tabel 4.20	Data Hasil Eksperimen Konfirmasi untuk Tingkat Perubahan Warna (<i>Gray Scale</i>).....	79
Tabel 4.21	Perhitungan Rata-Rata Tingkat Penodaan Warna (<i>Staining Scale</i>)	83
Tabel 4.22	Tabel Respon Rata-Rata Tingkat Penodaan Warna (<i>Staining Scale</i>).....	83
Tabel 4.23	<i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) Nilai Rata-Rata Tingkat Penodaan Warna (<i>Staining Scale</i>)	87
Tabel 4.24	<i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) <i>Pooling</i> Rata-Rata Tingkat Penodaan Warna (<i>Staining Scale</i>)	91
Tabel 4.25	<i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) Rata-Rata Tingkat Penodaan Warna Setelah <i>Pooling</i>	93
Tabel 4.26	Hasil Perhitungan <i>Signal Noise to Ratio</i> Tingkat Penodaan Warna (<i>Staining Scale</i>).....	94
Tabel 4.27	Tabel Respon <i>Signal Noise to Ratio</i> Tingkat Penodaan Warna (<i>Staining Scale</i>)	95
Tabel 4.28	<i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) Nilai SNR Tingkat Penodaan Warna (<i>Staining Scale</i>).....	95
Tabel 4.29	<i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) Nilai SNR <i>Pooling</i> Tingkat Penodaan Warna (<i>Staining Scale</i>)	98

Tabel 4.30 Perbandingan Pengaruh Faktor pada Eksperimen Taguchi untuk Tingkat Penodaan Warna (<i>Staining Scale</i>)	99
Tabel 4.31 Data Hasil Eksperimen Konfirmasi untuk Tingkat Penodaan Warna (<i>Staining Scale</i>)	102
Tabel 4.32 Hasil Perbandingan <i>Confidence Interval</i>	109
Tabel 4.33 <i>Setting Level</i> Optimal untuk Tingkat Perubahan Warna (<i>Gray Scale</i>) dan Penodaan Warna (<i>Staining Scale</i>)	110

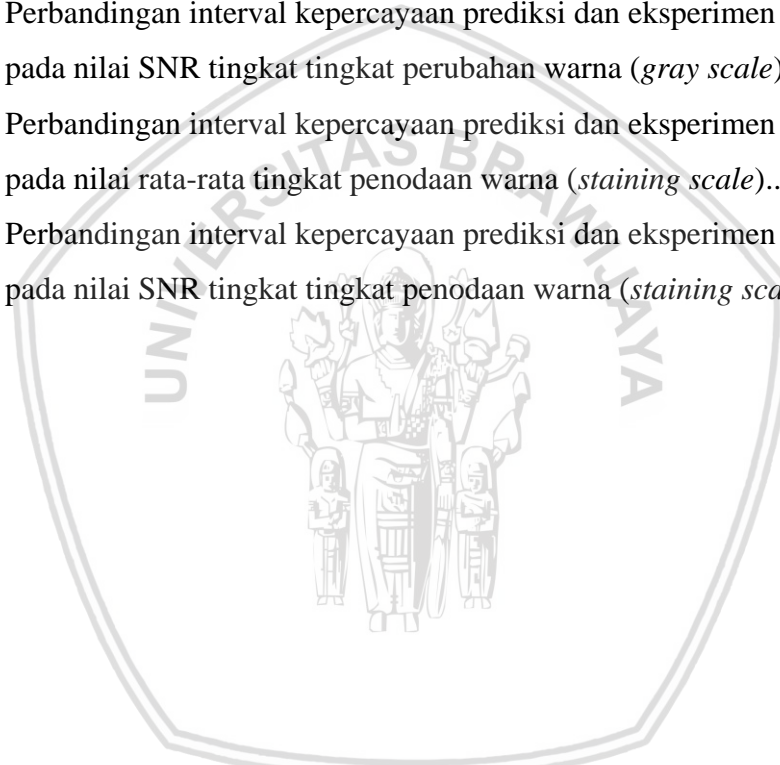




Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Grafik persentase UMKM di Indonesia tahun 2010-2015.....	1
Gambar 1.2	Grafik jumlah cacat pada batik cap Tahun 2013-2017	3
Gambar 1.3	Kain batik cap dengan cacat luntur dan kain batik cap tanpa cacat luntur	3
Gambar 2.1	Klasifikasi parameter	25
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	43
Gambar 4.1	Grafik klasifikasi parameter penelitian	55
Gambar 4.2	Perbandingan interval kepercayaan prediksi dan eksperimen konfirmasi pada nilai rata-rata tingkat perubahan warna (<i>gray scale</i>).....	81
Gambar 4.3	Perbandingan interval kepercayaan prediksi dan eksperimen konfirmasi pada nilai SNR tingkat tingkat perubahan warna (<i>gray scale</i>)	82
Gambar 4.4	Perbandingan interval kepercayaan prediksi dan eksperimen konfirmasi pada nilai rata-rata tingkat penodaan warna (<i>staining scale</i>).....	105
Gambar 4.5	Perbandingan interval kepercayaan prediksi dan eksperimen konfirmasi pada nilai SNR tingkat tingkat penodaan warna (<i>staining scale</i>).....	106





Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Laporan Hasil Pengujian Eksperimen Taguchi Ketahanan Luntur Warna Terhadap Pencucian	115
Lampiran 2	Laporan Hasil Pengujian Eksperimen Konfirmasi Ketahanan Luntur Warna Terhadap Pencucian	116





Halaman ini sengaja dikosongkan

RINGKASAN

Annissa Dian Islami, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, April 2018, *Perbaikan Kualitas Batik Cap Terhadap Ketahanan Luntur Warna Pencucian Kain dengan Menggunakan Metode Taguchi*, Dosen Pembimbing: Debrina Puspita Andriani.

Salah satu jenis tekstil yang dihasilkan dari UMKM (Usaha Mikro Kecil Menengah) dalam bidang tekstil yaitu batik dimana industri batik di dalam negeri semakin berkembang pasca dikukuhkannya sebagai salah satu warisan budaya oleh UNESCO (*United Nation Education Scietific and Cultural Organization*). Dengan meningkatnya jumlah industri batik di Indonesia maka perlu menunjukkan keunggulannya dari segi kualitas produk agar tetap bertahan di pasar dan memperoleh keuntungan yang optimal. Salah satu UMKM yang bergerak dalam bidang tekstil batik yaitu CV. Subur Makmur yang memproduksi berbagai macam jenis batik, pada penelitian ini berfokus pada batik cap karena produk ini semakin digemari oleh masyarakat karena harganya yang terjangkau dan proses pembuatannya cepat. Kendala yang terjadi pada CV. Subur Makmur yaitu standar yang terdapat pada CV. Subur Makmur belum terpenuhi atau sesuai dengan SNI batik cap, sehingga terjadi kelunturan warna pada batik cap. Berdasarkan spesifikasi persyaratan mutu dari SNI 8303:2016, batik cap yang diproduksi CV. Subur Makmur memiliki rata-rata nilai ketahanan luntur warna terhadap pencucian berdasarkan parameter perubahan warna dan penodaan warna yang kurang dari nilai syarat mutu uji ketahanan luntur warna terhadap pencucian yaitu sebesar 2 dari skala nilai minimal 4 untuk perubahan warna dan 2,5 dari skala nilai minimal 3-4 untuk penodaan warna terhadap kapas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui faktor kontrol dan *setting* level optimal yang berpengaruh terhadap kualitas ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian.

Pada penelitian ini dilakukan dengan pembuatan batik cap dengan jumlah sampel sebanyak 24 buah, lalu dilakukan uji ketahanan luntur warna terhadap pencucian di Politeknik STT Tesktil Bandung. Selanjutnya melakukan pengolahan data dengan perhitungan ANOVA untuk nilai rata-rata dan *Signal Noise to Ratio* (SNR). Pada eksperimen ini menggunakan *Orthogonal Array* $L_8(2^7)$ yang terdiri atas 7 faktor dan 2 level untuk masing-masing faktor. Faktor kontrol meliputi jenis kain, jenis zat pewarna jenis bahan pengunci, rasio bahan pengunci, waktu pencelupan, waktu perendaman dan jenis air.

Berdasarkan hasil penelitian tingkat perubahan warna dan penodaan warna yang cukup signifikan pada sampel batik cap. Tingkat perubahan warna pada batik cap hasil eksperimen konfirmasi memiliki nilai 4,55 dan untuk tingkat penodaan warna terhadap kapas memiliki nilai 4,20. Tiga faktor yang secara signifikan mempengaruhi meningkatnya nilai evaluasi tingkat perubahan warna dan penodaan warna adalah jenis zat pewarna, jenis campuran pengunci dan waktu perendaman. *Setting* level optimal guna memperbaiki kualitas ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian untuk tingkat perubahan warna dan penodaan warna diperoleh hasil yang sama yaitu faktor A level 1, faktor B level 1, faktor C level 2, faktor D level 2, faktor E level 2, faktor F level 2, dan faktor G level 1. Dimana hasilnya adalah jenis kain katun, jenis zat pewarna polkatif, jenis bahan pengunci HCL + Nitrit, rasio bahan pengunci 1:2, waktu pencelupan 3 kali, waktu perendaman 3 jam, dan jenis air PDAM). Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memperbaiki kualitas ketahanan luntur warna batik cap terhadap cucian sesuai dengan hasil yang diperoleh pada penelitian ini.

Kata Kunci: Batik Cap, Ketahanan Luntur, Uji Pencucian, Metode Taguchi, Tekstil



Halaman ini sengaja dikosongkan

SUMMARY

Annissa Dian Islami, Industrial Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, April 2018, *Improvement of Printed Batik Quality of Color Fade Proof against Cloth Washing by Using Taguchi Method*, Advisory Lecturer: Debrina Puspita Andriani.

One of the textiles type that produced by Small and Middle Scale Society Business (UMKM) in textile industry is batik where domestic batik industry is growing since it is confirmed as one of cultural heritage by UNESCO (United Nation Education Scientific and Cultural Organization). Because of the increasing number of batik industrial in Indonesia it must be balanced by showing the supremacy from the product quality in order to stay in the market and also to get the optimal profit. One of the UMKM that works in textile batik industrial is CV. Subur Makmur that produce various types of batik, this research is focused on printed batik because it is the most preferred products by customers because the affordable price and the fast process of production. The problem that happen in CV. Subur Makmur is the standard that used in CV. Subur Makmur is not appropriate with printed batik SNI, so that color fading is happen in printed batik. Based on the quality requirements specification by SNI 8303:2016, printed batik that produced by CV. Subur Makmur have below average value of color fade proof against cloth washing based on the color changing parameter and color staining which has a value less minimum for quality test requirements of color fade proof against cloth washing that is 2 from 4 as minimum scale for color changing and 2,5 from 3-4 as minimum scale for color stain against cotton. Therefore, this research is conducted to know the control factor and the optimal setting level that is affect the quality of color fade proof against cloth washing.

This research is conducted by doing printed batik production with 24 samples, then do the color fade proof against cloth washing test in Politeknik STT Tekstil Bandung. The result is processed using ANOVA calculation to find the average value and Signal Noise to Ratio (SNR). This experiment is using *Orthogonal Array* $L_8(2^7)$ that consists of 7 factors and 2 levels for each factors. The control factors consist of type of fabric, type of dye, type of locking material, ratio of locking material, dyeing process, soaking process and type of water.

Based on the research result, the color changing and color staining level that is quite significant on the sample of printed batik. The color changing level on the experiment of printed batik has confirmed that it has 4,55 scale and for the color staining level against cotton it has 4,20 scale. The three factors that significantly affect the value of color changing and color staining are type of dye, type of locking material and the dyeing process. The optimal setting level that can improve the quality of color fade proof against cloth washing for color changing and color staining level of printed batik are factor A level 1, factor B level 1, factor C level 2, factor D level 2, factor E level 2, factor F level 2, and factor G level 1. The results are cotton fabric, polkatif dye, the type of locking material is HCL + Nitrit, the ratio of locking material is 1:2, 3 times of dyeing process, 3 hours soaking process and PDAM water. With this research we expect it can improve the quality of color fade proof against clot washing of printed batik with the result that obtained from this research.

Key Word: Cloth Washing Test, Color Fade Proof, Printed Batik, Taguchi Method, Textile



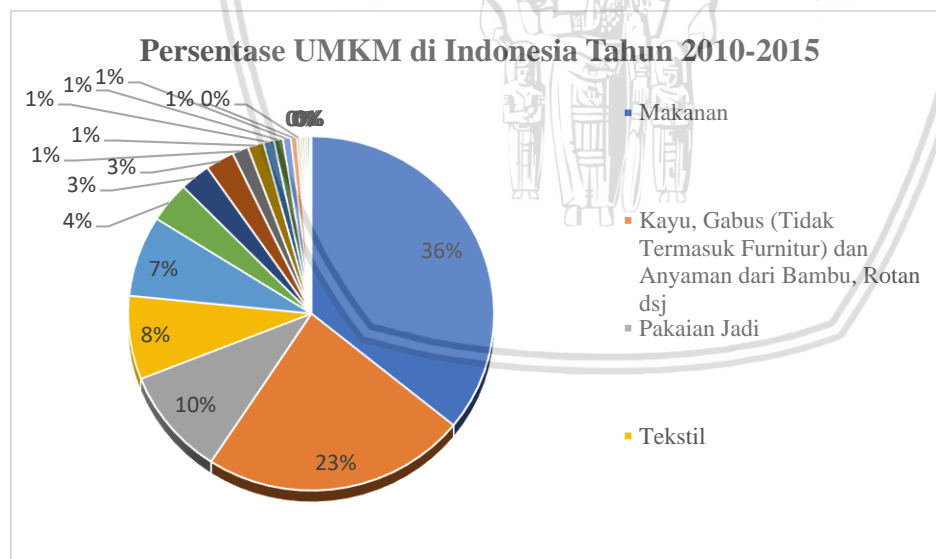
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I PENDAHULUAN

Dalam melakukan suatu penelitian, diperlukan hal-hal dasar yang menjadi alasan dilakukan penelitian. Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang dilakukannya penelitian, identifikasi masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian, dan asumsi dalam penelitian.

1.1 Latar Belakang

Pembangunan ekonomi diarahkan kepada terwujudnya perekonomian nasional yang mandiri dan handal guna meningkatkan taraf hidup kesejahteraan rakyat. Sektor UMKM (Usaha Mikro Kecil Menengah) merupakan sektor yang memiliki peranan penting dalam pembangunan ekonomi nasional. Hal ini terlihat dari kontribusi sektor UMKM mengalami peningkatan dari 57,84% menjadi 60,34% (Kementrian Koperasi dan Usaha Kecil Menengah (UKM), 2016) dimana menurut data BPS (Badan Pusat Statistik) 8% kontribusi terhadap PDB (Produk Domestik Bruto) berasal dari UMKM Tekstil yang ditunjukkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Grafik persentase UMKM di Indonesia tahun 2010-2015

Grafik pada Gambar 1.1 menunjukkan bahwa UMKM Tekstil termasuk pada 5 terbesar kontribusi UMKM di Indonesia, dimana hal ini memperlihatkan bahwa UMKM Tekstil memiliki peranan penting dalam pembangunan ekonomi nasional. Salah satu jenis tekstil yang dihasilkan dari UMKM dalam bidang tekstil yaitu batik. Industri batik di dalam negeri semakin berkembang pasca dikukuhkannya sebagai salah satu warisan budaya oleh UNESCO (*United Nation Education Scietific and Cultural Organization*) pada 2 Oktober

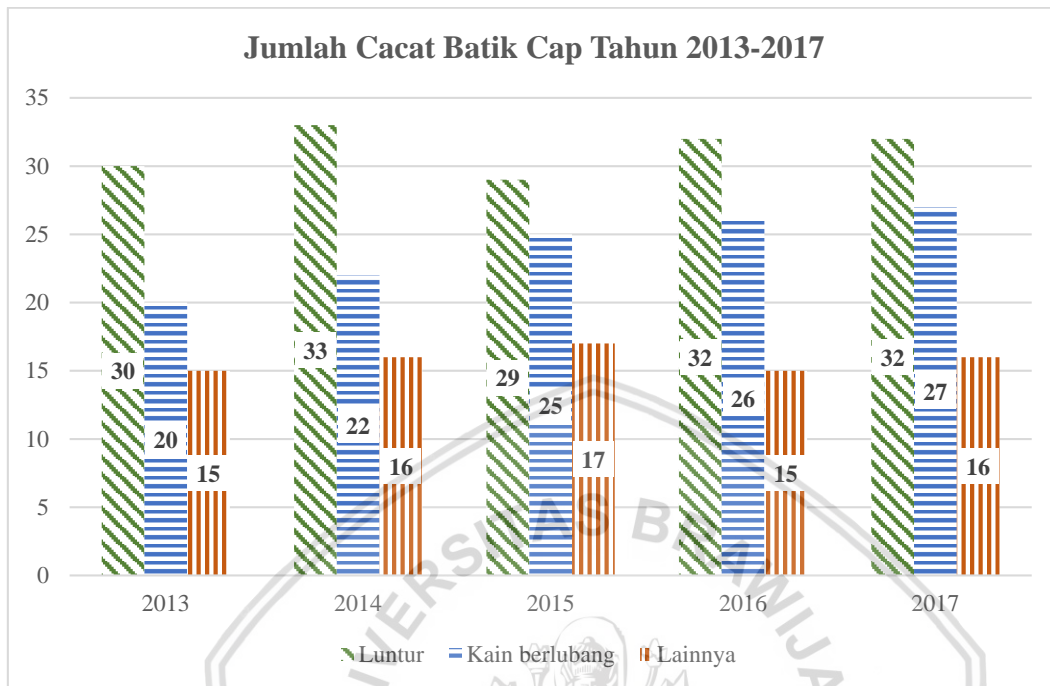
2009. Berdasarkan data Kementrian Perindustrian dalam lima tahun sejak 2011-2015, industri batik tumbuh 14,7% dari 41.263 unit menjadi 47.775 unit dengan nilai pembelian bahan baku meningkat 12,8% dari tahun 2011 senilai Rp. 4,137 triliun menjadi Rp. 4,746 triliun pada tahun 2015. Sehingga dapat terlihat bahwa industri mikro dan kecil batik memiliki kontribusi yang cukup besar terhadap PDB (Produk Domestik Bruto).

Kota Malang merupakan salah satu kota yang memiliki batik dengan daya tarik tersendiri yaitu terdapat ikon *Heart of East Java* sehingga batik malangan memiliki nilai ekonomi sendiri dengan memperkenalkan aspek kebudayaan malangan. Jumlah industri batik di Malang mengalami peningkatan persaingan yang ketat antar industri batik, dimana setiap UMKM berusaha menunjukkan keunggulannya dari segi kualitas produk agar tetap bertahan di pasar dan memperoleh keuntungan yang optimal (Kementrian Perindustrian, 2015).

CV. Subur Makmur merupakan salah satu UMKM yang bergerak di bidang tekstil yaitu batik, dengan Bu Hj. Suningsih sebagai pemilik usaha dengan memproduksi berbagai macam jenis batik seperti batik tulis, cap, maupun kombinasi. Berdasarkan hasil diskusi dengan pemilik CV. Subur Makmur dari seluruh jenis batik yang diproduksi, permintaan batik cap pada CV. Subur Makmur semakin diminati oleh masyarakat. CV. Subur Makmur mampu menghasilkan hingga 10 kain batik cap setiap hari sedangkan permintaan batik cap hanya 5 kain setiap hari. Proses pembuatan batik terdiri dari proses pemotongan kain, perendaman kain yang telah dipotong pada suatu wadah perendaman menggunakan tepol bertujuan untuk meluruhkan lapisan kain (kanji), proses penjemuran setelah direndam, proses pengecapan motif pada kain menggunakan *stamp* yang telah dicelupkan pada *malam*, proses pewarnaan, dan proses penjemuran setelah dilakukan pewarnaan. Proses pewarnaan batik cap terdiri dari pencelupan, pencucian hingga perebusan. Pewarnaan dilakukan dengan cara dilakukan pencelupan kain ke dalam wadah yang berisi warna. Kain yang telah dicelupkan, ditiriskan terlebih dahulu dengan menggunakan bambu. Proses pencucian dilakukan pada wadah besar berisi air dengan tujuan untuk memastikan bahwa warna pada kain batik tidak luntur. Setelah dilakukan proses pencucian, kain di rebus pada wadah berisi air dengan campuran $\frac{1}{2}$ kg soda as dengan tujuan untuk melunturkan *malam*. Setelah seluruh rangkaian proses pewarnaan selesai, dilakukan penjemuran lalu setelah kering batik cap siap untuk dipasarkan.

Berdasarkan hasil diskusi dengan pemilik UMKM, masih terdapat produk yang dikembalikan dikarenakan batik mengalami *defect* seperti warna luntur, kain sobek atau berlubang setelah pemakaian. Berdasarkan data yang didapatkan dari CV. Subur Makmur,

tipe cacat yang paling banyak terjadi yaitu warna luntur sejumlah 156 dalam 5 tahun terakhir. Gambar 1.2 dibawah ini merupakan jumlah cacat pada batik cap CV. Subur Makmur dalam 5 tahun terakhir.



Gambar 1.2 Grafik jumlah cacat pada batik cap Tahun 2013-2017

Berikut merupakan gambar yang menunjukkan cacat pada batik cap CV. Subur Makmur yaitu warna luntur yang ditampilkan pada Gambar 1.3.



Gambar 1.3 Kain batik cap dengan cacat luntur dan kain batik cap tanpa cacat luntur

Dari grafik yang ditampilkan pada Gambar 1.2 menunjukkan bahwa luntur menjadi cacat pada batik cap yang paling banyak terjadi selama 5 tahun terakhir dimana warna yang luntur ini sendiri paling banyak terjadi selama proses pencucian dikarenakan biasanya zat pewarna akan luruh apabila terkena air oleh karena itu fokus pada penelitian ini adalah untuk melakukan pengujian ketahanan luntur warna terhadap pencucian. Sesuai dengan acuan kualitas yang digunakan pada penelitian ini yaitu SNI 8303:2016 syarat nilai minimal

ketahanan luntur warna terhadap pencucian berdasarkan parameter perubahan warna (*gray scale*) yaitu 4 dan berdasarkan parameter penodaan warna (*staining scale*) yaitu 3-4, selanjutnya dilakukan evaluasi ketahanan luntur warna terhadap pencucian dengan menggunakan sampel batik cap CV. Subur Makmur untuk mengetahui apakah nilai ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian yang diproduksi CV. Subur Makmur saat ini sudah memenuhi standar atau belum. Hasil evaluasi dengan standar uji SNI ISO 105-C06:2010 dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1

Hasil Pengujian Ketahanan Luntur Warna Batik Cap terhadap Pencucian Kondisi Awal Batik

Jenis Uji	Hasil Uji
Ketahanan luntur warna	
Pencucian:	
- Perubahan warna	2
- Penodaan warna terhadap:	
Wol	2
Akrilik	2,5
Poliester	2,5
Nylon	2
Kapas	2,5
Asetat rayon	2,5

Dari Tabel 1.1 dapat dilihat bahwa berdasarkan hasil pengujian, nilai evaluasi kondisi awal batik ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian untuk parameter perubahan warna (*gray scale*) yaitu 2 dan parameter penodaan warna (*staining scale*) terhadap kapas yaitu 2,5 dimana nilai tersebut masih berada di bawah nilai minimal pada syarat mutu batik cap SNI 8303:2016.

Terdapat beberapa faktor yang dapat menyebabkan luntur pada batik cap menurut pekerja batik cap pada CV. Subur Makmur bisa dari bahan baku seperti jenis kain, jenis zat pewarna, jenis pengunci maupun jenis malam dan juga bisa berasal dari proses pembuatan yang meliputi proses pewarnaan, pelilinan, pencelupan, perebusan, pencucian, dan penjemuran. Batik dikatakan luntur jika masih mengalami luntur lebih dari 2 kali pencucian, sehingga warna batik akan pudar semakin sering dilakukan pencucian. (Andriani, D. P., Rizky, D. A., & Setyanto, N. W., 2018). Berikut merupakan faktor-faktor yang digunakan untuk pembuatan batik cap saat ini oleh CV. Subur Makmur yang ditunjukkan pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2

Faktor yang digunakan untuk pembuatan batik cap saat ini pada CV. Subur Makmur

No.	Faktor
1.	Jenis kain (katun, rayon, tetron)
2.	Jenis zat pewarna (sol, polkatif, remazol)
3.	Jenis pengunci (<i>waterglass</i> + kostik, <i>waterglass</i> + <i>radiocool</i> , HCL dan nitrit)

No.	Faktor
4.	Rasio bahan pengunci (1:1, 1:2, $\frac{1}{4} \div \frac{3}{4}$)
5.	Banyak pencelupan (2 kali sampai 3 kali)
6.	Waktu perendaman (2 jam sampai 3 jam)
7.	Jenis air (air sumur)
8.	Jenis warna (berdasarkan permintaan konsumen)
9.	Intensitas cahaya (berdasarkan kondisi ketika terdapat matahari)
10.	Kelembapan udara (berdasarkan keadaan ruangan)
11.	Kecepatan pengadukan (berdasarkan kondisi pekerja saat mengaduk)

Kondisi luntur warna pada batik cap bisa terjadi dikarenakan pihak perusahaan belum mengetahui kombinasi faktor yang tepat seperti yang ditampilkan pada Tabel 1.2 untuk menghasilkan batik cap yang memiliki ketahanan luntur warna terhadap pencucian, sehingga standar pada CV. Subur Makmur masih belum memenuhi Standar Nasional Indonesia batik cap. Standar Nasional Indonesia untuk batik cap sesuai dengan SNI 8303:2016 memiliki parameter amatan dilihat dari proses dan ciri fisik yaitu jumlah, ukuran, jarak, dan bentuk isen pada suatu bidang motif sama pada tiap pengulangannya dan memiliki syarat mutu batik cap untuk uji tahan luntur warna dengan menggunakan uji pencucian dilihat dari segi perubahan warna dan segi penodaan warna. Evaluasi dari segi perubahan warna memiliki nilai minimum 4 dan evaluasi dari segi penodaan warna memiliki nilai minimum 3 sampai 4 dimana nilai minimal pada tahan luntur warna yaitu 1 termasuk kategori jelek yang memiliki arti bahwa warna pada kain pudar dan nilai maksimal pada tahan luntur yaitu 5 termasuk kategori baik sekali yang memiliki arti bahwa warna pada kain tidak pudar dan berturut-turut untuk nilai 2, 3, 4, termasuk kategori kurang, cukup, dan baik. Sehingga nilai minimum 3 sampai 4 memiliki arti bahwa terjadi pengurangan ketahanan perubahan baik corak maupun kecerahan warna.

Penelitian ini dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan terdapat produk batik yang dikembalikan akibat luntur sehingga mengakibatkan kerugian biaya produksi karena pada CV. Subur Makmur melayani pengerjaan ulang apabila barang rusak (*defect*) dengan cara melakukan pengujian cuci terhadap batik untuk melihat perubahan dan penodaan warna pada batik cap agar dapat sesuai Standar Nasional Indonesia. Salah satu metode yang digunakan untuk memperbaiki kualitas produk adalah metode Taguchi. Metode Taguchi dipilih karena merupakan suatu metode yang memiliki tujuan untuk meningkatkan proses dan mutu produk secara bersamaan sehingga dapat meminimalkan sumber daya dan biaya (Soejanto, 2009). Metode ini dapat memperbaiki suatu proses yang nantinya dapat menghasilkan produk yang kokoh (*robust*) terhadap faktor yang tidak dapat dikendalikan (*noise*) dan salah satu *output* dalam metode ini adalah kombinasi faktor dan level faktor kontrol yang optimal guna

menghasilkan respon yang optimal pula (Soejanto, 2009). Penggunaan matriks *orthogonal* membuat metode Taguchi menjadi lebih efisien daripada eksperimen sejenis yang lain seperti desain faktorial. Metode ini dapat menjadi salah satu alternatif dalam memproduksi batik yang dapat memenuhi Standar Nasional Indonesia.

1.2 Identifikasi Masalah

Latar belakang diatas dapat menggambarkan beberapa permasalahan yang terjadi, permasalahan yang dapat diidentifikasi adalah:

1. Standar kualitas pada produk batik cap produksi CV. Subur Makmur belum terpenuhi.
2. Perusahaan belum mengetahui kombinasi faktor kontrol dan level faktor optimal apa saja yang dapat meningkatkan kualitas batik dari segi kelunturan warna.

1.3 Rumusan Masalah

Dari identifikasi permasalahan tersebut, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut.

1. Faktor-faktor apa saja yang dapat memberikan pengaruh signifikan terhadap kualitas tingkat kelunturan warna pada batik cap CV. Subur Makmur agar sesuai dengan SNI 8303:2016?
2. Bagaimana kombinasi faktor dan level faktor yang optimal pada pembuatan batik cap CV. Subur Makmur sehingga mampu didapatkan kualitas tingkat kelunturan yang sesuai dengan SNI 8303:2016?

1.4 Batasan Masalah

Hal yang dibatasi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Acuan kualitas yang digunakan untuk menilai batik cap CV. Subur Makmur adalah SNI 8303:2016.
2. Karakteristik kualitas pada Metode Taguchi yang digunakan adalah *larger the better*.
3. Objek yang diteliti adalah batik cap.
4. Indikator yang diteliti hanya tingkat kelunturan warna terhadap pencucian,
5. Faktor yang diamati berawal dari tahap pencetakan pola hingga penjemuran kain batik.

1.5 Asumsi

Asumsi yang digunakan pada penelitian ini adalah proses pengambilan data untuk penelitian dilakukan pada saat proses pembuatan batik berjalan dalam keadaan normal.

1.6 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini sebagai berikut.

1. Mengetahui faktor kontrol apa saja yang dapat memberikan pengaruh signifikan terhadap kelunturan warna pada batik cap CV. Subur Makmur.
2. Mengetahui kombinasi faktor dan level faktor yang optimal pada pembuatan batik cap CV. Subur Makmur sehingga mampu didapatkan kualitas tingkat kelunturan terhadap pencucian yang sesuai dengan SNI 8303:2016?

1.7 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan dari penelitian, maka manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah:

1. Dapat mengetahui faktor dan *setting level* untuk meningkatkan kualitas batik cap CV. Subur Makmur sesuai dengan SNI 8303:2016 dengan menggunakan metode Taguchi sehingga dapat meningkatkan penjualan batik cap pada CV. Subur Makmur.
2. Dapat mengetahui standar kualitas batik cap CV. Subur Makmur dilihat dari kualitas ketahanan luntur terhadap pencucian produk batik cap sehingga dapat mengurangi tingkat keluhan konsumen terhadap batik yang mengalami *defect*.

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Dasar penelitian yang dilaksanakan diperlukan dasar-dasar argumentasi ilmiah yang berhubungan dengan konsep-konsep yang diperlukan dalam penelitian dan dipakai dalam analisis.

2.1 Penelitian Terdahulu

Dalam melakukan penelitian tentunya diperlukan beberapa referensi untuk memperkuat dasar penelitian yang dilakukan, salah satunya adalah dari penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya. Penelitian terdahulu dalam hal ini bisa mencakup penelitian yang berkaitan dengan objek penelitian maupun metode penelitian yang digunakan. Berikut ini merupakan ulasan dari beberapa penelitian sebelumnya:

1. Farid, A., Luthfianto, S., & Siswiyanti. (2014) melakukan penelitian tentang ketahanan luntur warna terhadap sabun, ketahanan luntur warna terhadap gosokan dan kekuatan tarik dan mulur kain batik tulis untuk melakukan peningkatan kualitas terhadap batik tulis. Pada penelitian ini digunakan 4 faktor yaitu bahan kain batik, pewarnaan, pencelupan dan pelilinan. Penelitian ini menggunakan Metode Taguchi dengan ANOVA (*mean*) dan *S/N Ratio*. Hasil dari penelitian yang dilakukan didapatkan peningkatan kualitas batik tulis tegal dari pengujian ketahanan luntur warna terhadap sabun, kekuatan tarik, dan ketahanan luntur warna terhadap gosokan kering masing-masing adalah sebesar 8%, 5.03%, dan 17.33% dengan rata-rata peningkatan kualitas sebesar 10.12%.
2. Luthfianto, S. (2014) melakukan penelitian tentang ketahanan luntur warna gosokan kain batik tulis untuk melakukan peningkatan kualitas terhadap batik tulis. Pada penelitian ini digunakan 4 faktor yaitu bahan kain batik, pewarnaan, pencelupan, dan pelilinan. Penelitian ini menggunakan Metode Taguchi dengan ANOVA (*mean*) dan *S/N Ratio*. Hasil dari penelitian yang dilakukan untuk *setting level optimal* dari tingkat kualitas hasil desain sebagai dasar peningkatan kualitas produk batik tulis Tegal adalah pada bahan kain batik menggunakan mori prmissima kupu, pewarnaan dengan warna Naftol, pencelupan selama 50 menit dan pelilinan dengan suhu 70°C.
3. Adam, M., Diyah, B. S., & Wijana, S. (2015) melakukan penelitian tentang ketahanan luntur warna dengan melihat pengaruh dari dua faktor yaitu bahan fiksasi dan perbedaan

konsentrasi bahan fiksasi. Penelitian ini menggunakan metode Desain Eksperimen Faktorial (2 Faktor) dengan *Multiple Attribute* dan uji DMRT. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa perlakuan terbaik diperoleh pada perlakuan bahan fiksasi kapur tohor (CaO) 40% (b/v) dengan nilai pada gosokan kering sebesar 6.4 (cukup baik), gosokan basah sebesar 10.2 (cukup), pencucian dengan uji *Staining scale* sebesar 4 (baik) dan pencucian dengan menggunakan *Grey scale* sebesar 2.1 (cukup baik). Hasil uji ketahanan luntur warna terhadap gosokan dan pencucian menunjukkan hasil terendah sampai terbesar yakni kapur tohor, tunjung, dan tawas. Semakin rendah (nilai GS dan SS) semakin bagus, ketahanan luntur warnanya tidak mudah pudar. Pada uji DMRT diperoleh rata-rata dengan nilai L^* paling bagus pada fiksator tunjung dengan konsentrasi 25%, nilai a^* terbaik pada tunjung 25% dan nilai b^* pada tunjung 25%.

4. Fajar, M., Saufik, N., & Zulfah, L. (2017) melakukan penelitian tentang peningkatan kualitas kain tenun. Pada penelitian ini digunakan 4 faktor yang berpengaruh terhadap kualitas kain tenun yaitu berat kain per M (gr), berat kain per M^2 (gr), lebar kain (cm), dan tebal kain (mm). Penelitian ini menggunakan Metode Taguchi dengan ANOVA data variabel (*mean*) dan *S/N Ratio*. Hasil dari penelitian yang dilakukan untuk *setting level* optimal dihasilkan pewarnaan dengan naftol 1, naftol 2, dan naftol 3, penjemuran dengan waktu 5 jam, 6 jam, dan 7 jam, pencelupan dengan waktu 30 menit, 40 menit dan 50 menit, pencucian dengan waktu 0,5 jam, 0,75 jam, dan 1 jam dan dari ANOVA memberikan hasil yang sama yaitu semua faktor signifikan terhadap berat kain per M (gr).
5. Andriani, D. P., Rizky, D. A., & Setyanto, N. W. (2018) melakukan penelitian mengenai perbaikan kualitas pada batik tulis Malang dengan menggunakan metode Taguchi. Penelitian ini dilakukan agar batik tulis tidak mengalami kelunturan saat dilakukan pencucian serta dapat meningkatkan kualitas batik tulis. Terdapat 4 faktor kontrol dengan masing-masing 2 level yang digunakan pada penelitian ini. Faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan luntur warna batik tulis terhadap cucian yaitu jenis kain, jenis zat pewarna, jenis bahan pengunci, dan komposisi bahan campuran pengunci.

Berikut merupakan kumpulan penelitian terdahulu untuk rentang tahun 2010 sampai tahun 2017 mengenai pengujian batik yang dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1
Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Saat Ini

No.	Peneliti	Karakteristik Kualitas		
		Parameter Yang Diamati	Objek Penelitian	Metode Penelitian
1.	Farid, A., dkk (2014)	Ketahanan luntur warna terhadap cucian	Batik tulis	Metode Taguchi (Desain eksperimen variasi perlakuan bahan kain batik, pewarnaan, pencelupan, dan pelilinan untuk menguji ketahanan luntur warna gosokan kain batik tulis, ketahanan luntur warna terhadap gosokan dan kekuatan tarik dan mulur kain)
2.	Luthfianto, S. (2014)	Ketahanan luntur warna terhadap gosokan	Batik tulis	Metode Taguchi (Desain eksperimen variasi perlakuan bahan kain batik, pewarnaan, pencelupan, dan pelilinan untuk menguji ketahanan luntur warna gosokan kain batik tulis)
3.	Adam, M., dkk (2015)	Ketahanan luntur dan intensitas warna	Kain mori batik	Desain Acak 2 Faktor (Desain eksperimen variasi perlakuan faktor bahan fiksasi dan konsentrasi bahan fiksasi untuk menguji ketahanan luntur dan intensitas warna kain mori batik menggunakan pewarna alami kulit kayu mahoni)
4.	Fajar, M., dkk (2017)	Kelunturan dan kekuatan kain	Kain tenun	Metode Taguchi (Desain eksperimen variasi perlakuan berat kain per M (gr), berat kain per M ² (gr), lebar kain (cm), dan tebal kain (mm))
5.	Andriani, D. P., dkk (2018)	Ketahanan luntur warna	Kain batik tulis	Hasil kombinasi faktor dan level faktor yang optimal kualitas ketahanan luntur batik terhadap pencucian adalah jenis kain rayon, jenis zat pewarna polkatif, jenis bahan pengunci <i>waterglass</i> + <i>radiocool</i> , dan komposisi bahan campuran pengunci 1:1
6.	Penelitian saat ini	Ketahanan luntur warna terhadap cucian	Batik cap	-

2.2 Batik

Batik sudah ada sejak jaman Majapahit dan sangat populer sampai saat ini. Memang pada awalnya batik dikerjakan hanya terbatas dalam keratin, untuk pakaian raja dan keluarga serta pengikutnya. Namun, banyak pengikut raja yang tinggal di luar keraton, menjadikan keterampilan membuat batik meluas dan ditiru oleh masyarakat sekitar. Sehingga, batik yang

semula hanya dipakai oleh keluarga keraton menjadi pakaian rakyat. Hal ini menjadikan Batik merupakan salah satu warisan nusantara yang unik yang telah diakui oleh UNESCO sebagai salah satu warisan negara Indonesia. Keunikannya ditunjukkan dengan berbagai macam motif yang memiliki makna tersendiri.

Menurut Asti M. dan Arini (2011) berdasarkan etimologi dan terminologinya, batik berasal dari bahasa Jawa yaitu dari kata “*mbat*” yang memiliki arti sebagai *ngembat* atau melempar berkali-kali dan “*tik*” berasal dari kata titik. Jadi, membatik artinya melempar titik berkali-kali pada kain. Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia, batik memiliki arti kain bergambar yang pembuatannya secara khusus dengan menuliskan atau menerakan malam pada kain itu, kemudian pengolahannya diproses dengan cara tertentu.

2.3 Batik Cap

Menurut Lisbijanto (2013) memaparkan bahwa terdapat 3 jenis batik menurut teknik pembuatannya, salah satunya adalah batik cap. Batik cap dibuat dengan menggunakan cap atau semacam stempel motif batik yang terbuat dari tembaga. Cap digunakan untuk menggantikan fungsi canting sehingga dapat mempersingkat waktu pembuatan. Cap dibuat secara presisi untuk distempel pada kedua sisi dari kain, sehingga menghasilkan kedua sisi pada kain memiliki pola yang identik dan konsisten. Batik cap memberikan kepada pengrajin batik untuk menghasilkan batik dengan kualitas desain yang baik dan pola yang rumit lebih cepat dari batik tulis. Batik cap dapat dibuat dalam waktu 2 sampai dengan 3 hari dibandingkan dengan pembuatan batik tulis yang membutuhkan waktu selama berminggu-minggu sampai bulanan.

Terdapat banyak faktor yang mempengaruhi kualitas batik antara lain jenis malam, jenis pengunci, komposisi pewarna, jenis kain, dan banyaknya pencelupan.

2.4 Syarat Mutu Batik Cap

Syarat mutu batik cap merupakan persyaratan untuk setiap produk batik yang dinilai dari tingkat mutunya berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI). SNI batik cap atau Standar Nasional Indonesia mengenai batik cap merupakan suatu standar resmi yang ditetapkan oleh Badan Standar Nasional Indonesia (BSN-RI) dengan kode SNI 8303:2016. Tujuan penyusunan standar ini adalah agar dapat meningkatkan daya saing batik dengan memenuhi standar seperti ukuran kain, sifat mengkerut, tahan gosok warna dan tahan luntur warna terhadap pencucian dan juga memiliki tujuan lain yaitu sebagai penerapan batik *mark*

untuk memberikan jaminan mutu batik Indonesia, menciptakan identitas batik, meningkatkan kepercayaan konsumen, dan sarana promosi internasional.

Pada tahun 2014, BSN telah menetapkan SNI tentang Pengertian dan Istilah Batik (SNI 0239:2014) dan pada tahun 2016, Sub Komite Teknik Perumusan SNI 59-01-S1, Batik dan Produksi Batik telah merevisi beberapa SNI batik lama untuk digabungkan menjadi SNI baru yang memiliki ruang lingkup ciri, syarat mutu dan metode uji. Nomer SNI batik cap untuk ciri batik cap dan syarat mutu batik cap yaitu SNI 8303:2016. Berikut merupakan Tabel SNI yang ditunjukkan pada Tabel 2.2 yang menunjukkan ciri batik cap.

Tabel 2.2
Ciri Batik Cap

No.	Parameter Amatan	Ciri
1.	Bau	Bau malam
2.	Proses dan ciri fisik	a) <i>Raport</i> batik cap berulang secara sama dan atau ada pergeseran pada tiap pengulangannya. b) Terdapat rembesan warna yang disebabkan ketidakteraturan pada pecahan <i>malam</i> dan pada tepi tapak <i>malam</i> c) Tapak <i>malam</i> pada bagian terusan tidak selalu tepat sama d) Jumlah, ukuran, jarak, dan bentuk isen pada suatu bidang motif sama pada tiap pengulangannya. e) Hasil proses remukan selalu diperoleh pecahan yang tidak teratur f) Hasil tembakan diperoleh pecahan tidak teratur g) Terdapat tapak penanda <i>teken</i> dengan atau tanpa <i>penitis</i>

Sumber: bsn.go.id

Syarat mutu batik cap yang ditampilkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3
Syarat Mutu Batik Cap

No.	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan	Keterangan
1.	Ciri batik cap	-	Memenuhi persyaratan ciri batik cap	Lihat pada Tabel 1
2.	Sobek	-	Tidak ada	
3.	Lubang	-	Tidak ada	
4.	Jumlah noda per meter persegi kain			
	- Diameter terpanjang noda \leq 0,5 cm	buah	5	Maksimum
	- Diameter terpanjang noda $>$ 0,5 cm	buah	Tidak ada	
5.	Tahan luntur warna			
5.1	Pencucian			
	- Perubahan warna	-	4	Minimum
	- Penodaan warna	-	3-4	Minimum
5.2	Gosokan			
	- Kering	-	4	Minimum
	- Basah	-	4	Minimum
5.3	Keringat			
	- Perubahan warna	-	4	Minimum

No.	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan	Keterangan
	- Penodaan warna	-	4	Minimum
5.4	Cahaya	-	4	Minimum
CATATAN Poin 5 (tahan luntur warna) menggunakan skala abu-abu untuk perubahan dan penodaan warna				

Sumber: bsn.go.id

2.5 Proses Pembuatan Batik Cap

Proses pembuatan batik cap menurut Herry Lisbijanto (2013) adalah:

1. Kain diletakkan di atas meja dengan alas dibawahnya menggunakan bahan yang empuk.
2. Malam direbus hingga suhu 60 °C -70°C.
3. Cap dicelupkan ke malam yang telah mencair tadi tetapi hanya 2 cm saja dari bagian bawah cap.
4. Kemudian kain di cap dengan tekanan yang cukup supaya rapih. Pada proses ini, cairan malam akan meresap ke dalam pori-pori kain.
5. Selanjutnya adalah proses pewarnaan dengan cara mencelupkan kain yang sudah di cap tadi ke dalam tangka yang berisi cairan pewarna.
6. Kain direbus supaya cairan malam yang menempel hilang dari kain.
7. Proses pengecapan, pewarnaan, perebusan diulangi kembali jika ingin diberikan kombinasi beberapa warna.
8. Setelah itu, proses pembersihan dan pencerahan warna dengan menggunakan soda.
9. Penjemuran kemudian disetrika supaya rapih.

2.6 Pengujian Ketahanan Luntur Warna Terhadap Pencucian (SNI ISO 105-C06:2010)

Pengujian tahan luntur warna terhadap pencucian mempunyai arti yang sangat penting dalam pemakaian bahan tekstil sehari-hari. Cara pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan tahan luntur warna terhadap pencucian yang berulang-ulang. Berkurangnya warna dan pengaruh gosokan yang dihasilkan oleh larutan dan/atau gosokan dari 5 kali pencucian tangan atau dengan mesin yang mengandung *chlor* dalam rumah tangga hampir sama dengan satu kali pencucian dengan mesin selama 45 menit. Contoh uji dicuci dengan suatu alat *linitest* atau alat yang sejenis dengan pengatur suhu secara termostatik dan kecepatan putaran yaitu 42 putaran per menit. *Linitest* dilengkapi dengan piala baja dan kelereng baja tahan karat. Proses pencucian dilakukan dengan sedemikian rupa sehingga kondisinya sama dengan keadaan pencucian yang diinginkan dan kondisi pencucian

berbeda-beda bergantung pada suhu yang diinginkan. Pengujian ini dapat dilakukan beberapa cara yang disesuaikan dengan penggunaan dari bahan tekstil tersebut.

Prinsip pengujiannya adalah dengan mencuci sehelai kain yang diambil dari contoh dengan ukuran tertentu, kemudian dijahitkan antara dua helai kain putih dengan ukuran yang sama. Ukuran yang digunakan adalah 5×10 cm. Sehelai dari kain putih tersebut adalah sejenis dengan kain yang diuji, sedangkan helai lainnya sesuai dengan pasangannya. Penilaian dilakukan dengan membandingkan contoh yang telah diuji dan penodaan warna pada kain putih. Perubahan warna pada contoh dinilai dengan *gray scale* sedangkan penodaan warna dinilai dengan *staining scale*. Tabel 2.4 menunjukkan hasil evaluasi tahan luntur warna terhadap angka-angka *gray scale* dan *staining scale*.

Tabel 2.4

Evaluasi Tahan Luntur Warna

Nilai Tahan Luntur Warna	Evaluasi Tahan Luntur Warna
5	Baik sekali
4-5	Baik
4	Baik
3-4	Cukup baik
3	Cukup
2-3	Kurang
2	Kurang
1-2	Jelek
1	Jelek

Pengujian dilakukan pada kondisi alat, suhu, waktu, dan deterjen tertentu sesuai dengan cara pengujian yang telah ditentukan. Prinsip pengujian untuk uji kelunturan warna terhadap pencucian pada kondisi suhu, alkalinitas, pemutihan yang sesuai dengan gosokan yang berulang dimana gosokan diperoleh dengan lemparan, geseran, dan tekanan bersama-sama dengan digunakannya perbandingan larutan yang rendah dan sejumlah kelereng baja yang sesuai sehingga berkurangnya warna yang dikehendaki didapat dalam waktu singkat. Berikut merupakan tahapan pengujian tahan luntur warna terhadap pencucian (Sunarto, 2008).

1. Persiapan uji

a. Bahan-bahan

2 helai kain putih masing-masing dengan ukuran 5×10 cm diletakkan diantara kedua kain putih yang terdiri antara kain pelapis pertama dan kedua yang ditunjukkan pada Tabel 2.5 dimana kain pelapis pertama sejenis dengan contoh uji sedangkan kain pelapis kedua merupakan serat pasangannya.

Tabel 2.5

Kain Pelapis dan Pasangannya Untuk Pengujian Ketahanan Luntur Warna

Kain Pelapis Pertama	Kain Pelapis Kedua
Kapas	Wol

Kain Pelapis Pertama	Kain Pelapis Kedua
Wol	Kapas
Sutera	Kapas
Viskosa	Wol
Asetat/triasetat	Viskosa
Poliamida	Wol atau kapas
Poliester	Wol atau kapas
Akrilat	Wol atau kapas

Sumber: Sunarto (2008)

b. Pereaksi

- 1) *Natrium hipoklorit*
- 2) Natrium metasilikat
- 3) Larutan asam asetat 28%
- 4) Sabun dengan syarat sebagai berikut.
 - a) Mengandung air dan zat-zat yang menguap pada 105°C maksimum 10%.
 - b) Jumlah alkali bebas, zat-zat yang tak larut dalam alcohol dan natrium chlorida maksimum 6%.
 - c) Alkali bebas sebagai NaOH maksimum 0,2%.
 - d) Zat terlarut dalam air maksimum 1%.
 - e) Titer asam lemak minimum 39°C.
 - f) Kadar sabun non hidrat minimum 85%.

c. Peralatan

- 1) Laundrometer atau alat yang sejenis untuk memutarakan bejana yang tertutup di dalam pemanas air yang suhunya dapat dikendalikan secara termometrik dengan kecepatan putaran yaitu 42 putaran per menit. Alat ini dilengkapi dengan bejana-bejana dan kelereng-kelereng dari baja tahan karat.
- 2) Setrika listrik dengan berat 2,25 – 2,27 kg dengan pemanas 1000 watt.
- 3) *Gray scale* (standar skala abu-abu/perubahan warna) dan *staining scale* (standar skala penodaan warna).

d. Cara pengujian pada suhu 40°C

- 1) Dalam bejana dimasukkan larutan 200 ml yang mengandung 0,5% volume sabun dan 10 buah kelereng baja tahan karat. Kemudian, bejana ditutup rapat dan dipanasi sampai suhu mencapai 40°C.
- 2) Letakkan bejana tersebut pada tempatnya dengan penutup menghadap keluar. Pemasangan bejana diatur sedemikian rupa sehingga tiap sisi terdiri dari sejumlah bejana yang sama.
- 3) Mesin dijalankan selama paling sedikit 2 menit untuk pemanasan pendahuluan.

- 4) Mesin dihentikan dengan bejana tegak lurus keatas lalu tutup bejana dibuka. Masukkan contoh uji yang telah diremas-remas ke dalam larutan kemudian ditutup kembali. Launderometer dijalankan selama 45 menit.
 - 5) Setelah 45 menit berjalan, mesin dihentikan. Bejana-bejana diambil dan isinya dikeluarkan dengan masing-masing contoh uji dicuci dua kali didalam gelas piala dengan 100ml air pada suhu 40°C selama masing-masing 1 menit dengan mengadukkan atau diperas dengan tangan. Kemudian diasamkan dalam 100 ml larutan asam asetat 0,014% (0,05 ml asam asetat per 100 ml air) selama 1 menit pada suhu 27°C.
 - 6) Kemudian cuci kembali didalam 100ml air pada suhu 27°C selama satu menit. Akhirnya bahan diperas dengan hidroekstraktor atau mangel. Contoh uji dikeringkan dengan jalan menyetrikan pada suhu 135°C – 150°C.
- e. Evaluasi hasil uji
- Evaluasi dilakukan dengan membandingkan contoh uji terhadap perubahan warna (*gray scale*) dan penodaan warna pada kain putih (*staining scale*) dimana hasil evaluasi dapat dilihat pada Tabel 2.4.

2.7 Kualitas

Kualitas merupakan hal pertama yang harus diperhatikan dalam memenuhi kepuasan pelanggan. Kualitas yang diperhatikan bukan hanya kualitas dari produk akhir tersebut, tetapi seluruh komponen didalamnya, seperti bahan baku, proses produksi, distribusi, penjaminan produk dan lainnya. Kualitas memiliki banyak definisi yang berbeda dan berikut adalah beberapa definisi kualitas yang dikemukakan oleh para ahli (Ariani, 2004).

1. Juran (1962): “Kualitas adalah kesesuaian dengan tujuan atau manfaatnya”.
2. Feigenbaum (1991): “Kualitas merupakan keseluruhan karakteristik produk dan jasa yang meliputi *marketing, engineering, manufacture*, dan *maintenance*, dimana produk dan jasa tersebut dalam pemakaiannya akan sesuai dengan kebutuhan dan harapan pelanggan”.
3. Goetch dan Davis (1995): “Kualitas adalah suatu kondisi dinamis yang berkaitan dengan produk, pelayanan, orang, proses, dan lingkungan yang memenuhi atau melebihi apa yang diharapkan”.
4. Perbendaharaan istilah ISO 8402 dan dari Standar Nasional Indonesia (SNI 19-8402-1991): “Kualitas adalah keseluruhan ciri dan karakteristik produk atau jasa yang kemampuannya dapat memuaskan kebutuhan, baik yang dinyatakan secara tegas

maupun tersamar. Istilah kebutuhan diartikan sebagai spesifikasi yang tercantum dalam kontrak maupun kriteria-kriteria yang harus didefinisikan terlebih dahulu”.

Selain itu, definisi kualitas produk menurut Taguchi adalah kerugian minimum yang diperoleh konsumen dari suatu produk sejak produk tersebut dikirim (Belavendram, 1995).

2.8 Rekayasa Kualitas

Rekayasa kualitas dapat diartikan sebagai proses pengukuran yang dilakukan selama perancangan produk. Kerangka dasar dari rekayasa kualitas merupakan hubungan antara dua disiplin ilmu, yakni teknik perancangan dan manufaktur. Kerangka ini mencakup seluruh aktivitas pengendalian kualitas dalam setiap fase dari penelitian dan pengembangan produk, perancangan proses, perancangan produksi, dan kepuasan konsumen. Target dari rekayasa kualitas ini adalah untuk mencapai seluruh target dari perbaikan secara terus-menerus, mempercepat penemuan, penyelesaian masalah dengan cepat, dan efektivitas biaya dalam meningkatkan kualitas produk.

2.9 Desain Eksperimen

Desain eksperimen adalah suatu rancangan percobaan dimana nantinya akan diperoleh informasi yang berhubungan dengan permasalahan yang sedang diteliti. Isi dari sebuah desain eksperimen adalah langkah-langkah persiapan yang harus dilakukan sebelum eksperimen berjalan agar data yang diinginkan dapat diperoleh, dianalisis dan ditarik kesimpulannya (Sudjana, 1995).

Desain eksperimen haruslah efektif dan efisien. Efektif berarti desain eksperimen mampu memperoleh informasi sebanyak-banyaknya agar mampu menjawab persoalan yang diteliti. Sedangkan efisien berarti desain eksperimen haruslah memperhitungkan waktu, biaya, tenaga dan bahan yang digunakan dengan baik. Ada baiknya bila sebuah desain eksperimen dibuat sesederhana mungkin sehingga eksperimen akan mudah dilaksanakan dan pada akhirnya bersifat ekonomis (Sudjana, 1995).

2.10 Metode Taguchi

Metode Taguchi dikembangkan oleh Genichi Taguchi yang digunakan untuk memperbaiki penerapan *Total Quality Control* di Jepang. Metode Taguchi merupakan metode yang digunakan untuk melakukan perbaikan kualitas produk maupun proses dalam waktu yang bersamaan. Metode ini mampu meminimalkan jumlah eksperimen yang harus dilakukan sehingga dapat menekan biaya maupun sumber daya yang ada.

Sasaran metode Taguchi adalah menghasilkan suatu desain yang *robust* yakni produk yang kokoh (*robust*) terhadap *noise* (Soejanto, 2009). Dalam pengendalian kualitas, metode Taguchi ini termasuk ke dalam *off-line quality control* yakni salah satu jenis pengendalian kualitas yang bersifat preventif untuk mendesain suatu produk. *Off-line quality control* dilakukan pada awal *life cycle product* serta proses sebelum sampai pada tingkat *shop floor* demi melakukan perbaikan kualitas terhadap suatu produk. Kegiatan *off line quality control* akan berusaha untuk meminimalkan penyimpangan produk dari karakteristik kualitas yang telah ditetapkan sehingga ketika sampai pada konsumen produk akan benar-benar layak untuk digunakan karena sesuai dengan spesifikasi. Tujuan ini akan dapat tercapai jika organisasi manufaktur mampu mengidentifikasi adanya faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas dengan menyesuaikan faktor-faktor tersebut pada tingkat atau level yang sesuai (Belavendram, 1995).

2.10.1 Langkah-langkah Metode Taguchi

Berikut ini merupakan langkah-langkah dalam eksperimen Taguchi (Soejanto, 2008).

1. Menentukan permasalahan
Mendefinisikan permasalahan yang diteliti secara jelas dengan tujuan agar masalah tersebut dapat diselesaikan.
2. Menentukan tujuan eksperimen
Dalam membuat tujuan eksperimen, tujuan eksperimen yang dimaksud harus bisa menjawab rumusan permasalahan yang ada.
3. Menentukan variabel tak bebas
Dalam melakukan eksperimen Taguchi harus didefinisikan dengan jelas variabel tak bebas/parameter apa saja yang diukur atau diselidiki dalam percobaan. Dalam eksperimen Taguchi, variabel tak bebas terbagi menjadi 3 kategori yaitu:
 - a. Karakteristik yang dapat diukur
Karakteristik dimana semua hasil akhir yang dapat diukur dengan skala kontinu.
Contoh: berat badan, temperatur, panjang.
 - b. Karakteristik atribut
Karakteristik dimana hasil akhir yang tidak dapat diukur secara kontinu namun dapat diklasifikasikan ke dalam kelompok-kelompok tertentu.
Contoh: baik, jelek, enak.
 - c. Karakteristik dinamik

Fungsi representasi dari proses yang diamati dimana terbagi menjadi proses yang digambarkan dengan *signal* dan *output* yang digambarkan sebagai hasil dari *signal*.

4. Melakukan identifikasi faktor-faktor (variabel bebas)

Variabel bebas adalah variabel yang tidak tergantung dengan variabel lain. Tahap ini menentukan faktor mana saja yang diselidiki pengaruhnya terhadap variabel terikat.

5. Pemisahan faktor kontrol dan faktor *noise*

Dalam eksperimen Taguchi, faktor kontrol adalah faktor yang dapat dikendalikan oleh peneliti sedangkan faktor *noise* adalah faktor yang nilainya tidak dapat dikendalikan dan untuk mengendalikan memerlukan biaya yang mahal.

6. Menentukan jumlah level dan nilai level faktor

Penentuan jumlah level menentukan ketelitian dan juga biaya dalam melakukan eksperimen. Pemilihan faktor dan jumlah level ini menentukan jumlah derajat bebas yang digunakan sebagai pemilihan *orthogonal array*.

7. Melakukan perhitungan derajat kebebasan

Derajat bebas menunjukkan jumlah minimum eksperimen yang harus dilakukan untuk menyelidiki faktor yang harus diamati. Penentuan derajat bebas ini digunakan untuk mendapatkan jenis matrik *orthogonal* yang terpilih.

8. Pemilihan *orthogonal array*

Pemilihan *orthogonal array* dalam hal ini bergantung pada jumlah faktor beserta interaksi serta nilai level dari tiap-tiap faktor.

9. Penempatan kolom untuk faktor dan interaksi ke dalam matriks *orthogonal*

Untuk memasukkan faktor dalam kolom Taguchi menyediakan dua alat bantu yaitu dapat menggunakan *linear graph* atau *triangular tables*.

10. Pelaksanaan eksperimen

Untuk melaksanakan eksperimen, perlu diperhatikan beberapa hal antara lain jumlah replikasi yang merupakan pengulangan kembali perlakuan dalam percobaan untuk kondisi yang sama untuk menghasilkan ketelitian yang baik serta pengacakan yang dilakukan untuk memperkecil pengaruh faktor yang tidak bisa dikendalikan.

11. Analisa hasil eksperimen

Analisa hasil eksperimen dilakukan dengan langkah sebagai berikut.

a. Analisa variansi Taguchi

Analisa ini dilakukan dengan menganalisis dan menguraikan seluruh total variansi dari data hasil penelitian dengan menggunakan ANOVA.

b. Melakukan pengujian F

Uji hipotesis F dilakukan dengan membandingkan variansi yang disebabkan oleh masing-masing faktor dan variansi *error*. Hipotesis yang digunakan dalam uji F sebagai berikut.

H_0 : Tidak terdapat pengaruh perlakuan sehingga $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_i = \mu_k$

H_1 : Terdapat pengaruh perlakuan sehingga setidaknya terdapat satu μ_1 yang tidak sama.

c. Strategi *pooling up*

Strategi ini dilakukan apabila faktor yang diamati tidak signifikan secara statistik setelah pengujian signifikansi sehingga perlu dilakukan *pooling up*.

d. Rasio *signal to noise*

Rasio S/N digunakan untuk memfokuskan pada pemilihan faktor yang memiliki kontribusi pengurangan variansi dari suatu respon.

12. Interpretasi hasil eksperimen

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menginterpretasikan hasil eksperimen dalam metode Taguchi adalah:

a. Persen kontribusi

Persen kontribusi menunjukkan besarnya persentase signifikan faktor maupun interaksi faktor terhadap total variansi dari objek yang diamati.

b. Interval kepercayaan

Interval kepercayaan adalah suatu interval yang terdiri atas nilai maksimum dan minimum dimana nilai rata-rata sebenarnya tercakup dengan beberapa persentase kepercayaan tertentu.

13. Eksperimen konfirmasi

Eksperimen konfirmasi ini dilakukan untuk memvalidasi kesimpulan yang didapat dengan mengkombinasikan faktor dan level faktor terpilih untuk mendapatkan hasil yang optimal sesuai dengan tujuan dari eksperimen. Eksperimen konfirmasi dinyatakan berhasil apabila:

a. Terjadi perbaikan dari hasil proses yang ada (setelah eksperimen Taguchi dilaksanakan).

b. Hasil dari eksperimen konfirmasi dekat dengan nilai yang diprediksi.

2.10.2 Orthogonal Array

Matriks *orthogonal* adalah suatu matriks yang elemennya disusun menurut baris (kombinasi level dan faktor eksperimen) dan kolom (faktor eksperimen yang dapat diubah)

(Soejanto, 2008). Penentuan matriks *orthogonal* yang sesuai dengan eksperimen perlu dilakukan dengan prosedur sebagai berikut (Soejanto, 2008).

1. Definisikan jumlah faktor dan level
2. Tentukan derajat kebebasan

Derajat kebebasan adalah sebuah konsep yang mendeskripsikan seberapa besar eksperimen yang harus dilakukan dan seberapa banyak informasi yang akan didapatkan dari eksperimen tersebut (Soejanto, 2008). Dalam menentukan jumlah eksperimen yang akan diamati adalah (Soejanto, 2008):

$$DF = \sum_{i=1}^n V_{OA} = V_{fl} \quad (2-1)$$

Sumber: Soejanto (2008)

Dimana:

$$V_{OA} = (\text{Banyaknya Level} - 1)$$

$$V_{fl} = (\text{Banyaknya Faktor}) \times (\text{Banyaknya Level} - 1)$$

3. Memilih *orthogonal array*

Menurut Ishak (2002), *orthogonal array* adalah sebuah matriks faktor dan level yang tidak memberi pengaruh kepada faktor atau level yang lain. *Orthogonal array* merupakan matriks dan faktor level yang disusun dengan sedemikian rupa agar pengaruh suatu faktor dan level tidak berbaur dengan faktor dan level lainnya. Notasi *orthogonal array* adalah:

$$L_n = (l)^f \quad (2-2)$$

Sumber: Iriawan (2006)

Dimana:

f = Jumlah faktor (kolom)

l = Jumlah level

n = Jumlah pengamatan (baris)

L = Rancangan bujur sangkar latin

Taguchi menyediakan beberapa matrik *orthogonal* sesuai dengan kebutuhan eksperimen yang dilakukan. Berikut merupakan bentuk standar matriks *orthogonal* menurut Taguchi yang ditampilkan pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6
Orthogonal Array

2 Level	3 Level	4 Level	5 Level	Level Gabungan
$L_4 = (2^3)$	$L_9 = (3^4)$	$L_{16} = (2^5)$	$L_{25} = (5^6)$	$L_{18} = (2^1 \times 3^7)$
$L_5 = (2^7)$	$L_{27} = (3^{11})$	$L_{64} = (4^{21})$	-	$L_{32} = (2^1 \times 4^9)$
$L_{12} = (2^{11})$	$L_{81} = (3^{40})$	-	-	$L_{36} = (2^{11} \times 3^{12})$
$L_{16} = (2^{15})$	-	-	-	$L_{36} = (2^3 \times 3^{13})$
$L_{32} = (2^{31})$	-	-	-	$L_{54} = (2^1 \times 3^{25})$

Sumber: Belavendram (1995)

Adapun contoh *orthogonal array* yang ada pada desain Taguchi untuk $L_9 (3^4)$ yang ditampilkan pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7

Orthogonal Array $L_9 (3^4)$

Eksperimen	Faktor			
	A	B	C	D
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

Sumber: Roy (1990)

Contoh *orthogonal array* yang ada pada desain Taguchi untuk $L_8 (2^7)$ yang ditampilkan pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8

Orthogonal Array $L_8 (2^7)$

Eksperimen	Faktor						
	A	B	C	D	E	F	G
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

Sumber: Roy (1990)

2.10.3 Klasifikasi Karakteristik Kualitas

Karakteristik kualitas adalah obyek yang menarik dari produk, sering disebut sebagai karakteristik fungsional (Belavendram, 1995). Pada dasarnya karakteristik kualitas memiliki target. Tabel 2.9 ini menunjukkan 5 tipe target pada karakteristik kualitas menurut Belavendram (1995).

Tabel 2.9

Karakteristik Kualitas

Karakteristik	Target	Contoh
<i>Nominal-the-best</i>	Terukur dengan nilai target yang ditentukan secara spesifik	<i>Voltage</i> , ketebalan, berat, dimensi produk
<i>Smaller-the-better</i>	Terukur non-negatif yang mempunyai kondisi ideal atau nilai target alat nol (0)	Persentase kecacatan, kerusakan alat, kekerasan permukaan, kebisingan

Karakteristik	Target	Contoh
<i>Larger-the-better</i>	Terukur non-negatif yang mempunyai kondisi ideal atau nilai target <i>infinite</i>	Kekuatan bangunan, ketahanan terhadap korosi, umur pemakaian produk
<i>Signed target</i>	No1	<i>Residual carrant</i>
<i>Classified atribute</i>	-	Cacat atau tidak cacat

Sumber: Belavendram (1995)

2.10.4 Klasifikasi Parameter

Menurut Soejanto (2009), terdapat banyak faktor yang dapat mempengaruhi karakteristik kualitas dari suatu produk. Faktor-faktor tersebut antara lain dikategorikan sebagai berikut.

1. Faktor gangguan (*noise*)

Faktor gangguan adalah faktor yang menyebabkan penyimpangan karakteristik kualitas dari nilai targetnya. Faktor gangguan sulit untuk dikendalikan dan tidak dapat diprediksi. Untuk dapat dikendalikan umumnya diperlukan biaya yang besar.

2. Faktor kontrol (*control*)

Faktor kontrol adalah faktor yang dapat dikendalikan. Variasi dari faktor kontrol disebut sebagai level faktor. Hasil dari suatu eksperimen adalah terpilihnya level faktor kontrol yang mampu menciptakan kondisi optimal dan *robust* terhadap *noise*.

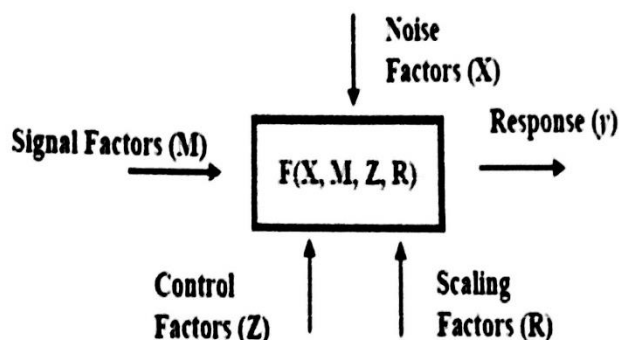
3. Faktor *signal*

Faktor *signal* adalah faktor-faktor yang mengubah nilai-nilai karakteristik sebenarnya yang diukur. Karakteristik kualitas dalam perancangan eksperimen dimana faktor *signal* mempunyai nilai konstan (dalam hal ini tidak dimasukkan sebagai faktor) disebut karakteristik statis.

4. Faktor skala (*scalling*)

Faktor skala adalah faktor yang digunakan untuk mengubah rata-rata level karakteristik kualitas demi mencapai hubungan fungsional antara faktor *signal* dengan karakteristik kualitas.

Berikut merupakan grafik dari klasifikasi parameter yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Klasifikasi parameter
Sumber: Belavendram (1995)

2.10.5 Analysis of Variance (ANOVA)

Analysis of Variance (ANOVA) atau disebut juga sebagai analisis ragam adalah suatu metode untuk menguraikan keragaman total menjadi komponen-komponen yang mengukur berbagai sumber keragaman. Di dalam analisis ini mengasumsikan bahwa contoh acak yang dipilih berasal dari populasi yang normal dengan ragam yang sama, kecuali apabila contoh yang dipilih cukup besar, asumsi tentang distribusi normal tidak lagi diperlukan lagi. Analisis ragam memperluas pengujian kesamaan dari dua nilai rata-rata menjadi kesamaan beberapa nilai rerataan secara simultan (Wibisono, 2005). Menurut Soejanto (2009), berikut ini merupakan langkah-langkah dalam melakukan perhitungan analisis varians dengan metode Taguchi.

1. Membuat tabel data variabel
2. Menghitung rata-rata untuk masing-masing eksperimen
3. Membuat tabel respon

Adapun tabel respon dari pengaruh faktor yang ditampilkan pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10

Tabel Respon dari Pengaruh Faktor

	A	B	C	N
Level 1				
Level 2				
Level k				
Selisih				
Ranking				

Sumber: Soejanto (2009)

4. Menghitung rata-rata eksperimen keseluruhan

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n} \quad (2-3)$$

Sumber: Soejanto (2009)

5. Menghitung jumlah kuadrat total (SST)

$$ST = \sum y^2 \quad (2-4)$$

Sumber: Soejanto (2009)

6. Menghitung Jumlah Rata-rata Kuadrat atau *Sum of Squares of the Mean* (SS_{mean})

$$SS_{mean} = n \times \bar{y}^2 \quad (2-5)$$

Sumber: Soejanto (2009)

7. Jumlah Kuadrat karena Faktor (SS_A, SS_B, SS_n)

$$SS_A = \left((\bar{A1})^2 \times n1 \right) + \left((\bar{A2})^2 \times n2 \right) + \dots + \left((\bar{Ai})^2 \times ni \right) - SS_{mean} \quad (2-6)$$

Sumber: Soejanto (2009)

8. Menghitung Jumlah Kuadrat karena *Error* (SSE) atau *The Error Sum of Squares*

$$SSE = SST - SS_{mean} - SS_A - SS_B - SS_C \quad (2-7)$$

Sumber: Soejanto (2009)

9. Membuat tabel ANOVA

Menurut Belavendram, berikut merupakan contoh tabel ANOVA yang ditampilkan pada Tabel 2.11.

Tabel 2.11

Tabel Data Variabel

Source	Sq	V	Mq	F-Ratio
Mean				
Faktor A				
Faktor n				
Error				
Total				

Sumber: Belavendram (1995)

10. Menghitung Derajat Kebebasan Faktor

$$V = (\text{number of level} - 1) \quad (2-8)$$

Sumber: Belavendram (1995)

11. Menghitung Derajat Kebebasan Total

$$V_t = (\text{number of experiment} - 1) \quad (2-9)$$

Sumber: Belavendram (1995)

12. Menghitung Rata-rata Jumlah Kuadrat atau *Mean Sum of Square*

Rata-rata jumlah kuadrat adalah dihitung dari pembagian jumlah kuadrat dengan derajat kebebasan dimana untuk faktor A rumusnya adalah:

$$MS = \frac{SS}{v} \quad (2-10)$$

Sumber: Belavendram (1995)

Perhitungan MS tidak dilakukan pada jumlah kuadrat total pada Tabel ANOVA.

13. Menghitung nilai *F-Ratio*

F-Ratio adalah dihitung dari pembagian rata-rata jumlah kuadrat tiap faktor dengan jumlah kuadrat *error*.

Berikut merupakan rumus dari menghitung nilai *F-Ratio*.

$$F\text{-Ratio} = \frac{\text{MS pada masing-masing faktor}}{\text{MS Error}} \quad (2-11)$$

Sumber: Soejanto (2009)

14. Menghitung nilai SS' pada masing-masing faktor

$$SS' \text{ faktor} = SS \text{ faktor} - (v \text{ faktor} \times MS_{\text{error}}) \quad (2-12)$$

Sumber: Soejanto (2009)

15. Menghitung persen kontribusi

$$\text{Rho\% A} = \frac{SS_A'}{SST} \times 100\% \quad (2-13)$$

Sumber: Soejanto (2009)

2.10.6 Pooling Faktor yang Tidak Signifikan

Dari hasil analisis varians maka akan terlihat tingkat signifikansi beberapa faktor yang ada melalui hasil uji-F. Untuk menghindari kesalahan maka menurut Soejanto (2009) disarankan agar hanya menggunakan setengah derajat kebebasan dari matriks *orthogonal* yang digunakan dalam eksperimen.

Strategi *pooling up* cenderung memaksimalkan jumlah kolom yang dipertimbangkan signifikan. Dengan keputusan signifikan faktor-faktor tersebut akan digunakan dalam putaran percobaan selanjutnya atau dalam desain produk/proses (Soejanto, 2009).

2.10.7 Signal Noise to Ratio (S/N Ratio)

Metode Taguchi mengembangkan konsep *S/N Ratio* untuk eksperimen yang memiliki banyak faktor yang disebut dengan eksperimen faktor ganda. *S/N Ratio* diformulasikan sedemikian rupa agar peneliti dapat memilih nilai level faktor tersebut untuk mengoptimalkan karakteristik kualitas dari eksperimen. Tujuan dari *S/N Ratio* ini adalah meminimalkan sensitivitas karakteristik kualitas terhadap faktor gangguan (Soejanto, 2008).

Karakteristik kualitas adalah hasil proses yang berkaitan dengan kualitas. Pada penelitian ini karakteristik dari *S/N Ratio* yang digunakan yaitu *larger the better*. *S/N Ratio larger the better* digunakan ketika karakteristik kualitas adalah kontinyu, non-negatif dan dapat mengambil nilai dari nol sampai tak hingga. Sehingga untuk kain batik cap yang memiliki syarat mutu yaitu uji ketahanan luntur dengan pencucian semakin besar atau setidaknya lebih dari SNI syarat mutu batik cap dengan nilai minimum 4 maka semakin baik produk tersebut. Nilai *S/N Ratio* untuk *larger the better* yaitu:

$$\eta = -10 \log_{10}(\text{MSD}) \quad (2-14)$$

Sumber: Belavendram (1995)

$$\text{MSD (Mean Square Deviation)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \quad (2-15)$$

Sumber: Belavendram (1995)

Keterangan:

n : jumlah sampel

y : nilai sampel

2.10.8 Derajat Bebas (*Degree of Freedom*)

Derajat bebas adalah banyaknya perbandingan yang harus dilakukan antar level faktor (efek utama) atau interaksi yang digunakan dalam menentukan jumlah percobaan minimal yang dilakukan. Perhitungan derajat bebas dilakukan untuk memperoleh suatu pemahaman tentang hubungan antara suatu faktor dengan level yang berbeda terhadap karakteristik kualitas yang dihasilkan. Perbandingan ini memberikan informasi tentang faktor dan level yang mempunyai pengaruh signifikan terhadap karakteristik kualitas (Ishak, 2002).

$$DF = \sum_{i=1}^n V_{OA} = V_{fl} \quad (2-16)$$

Sumber: Soejanto (2009)

Keterangan:

V_{OA} = (Banyaknya Level-1)

V_{fl} = (Banyaknya Faktor \times (Banyaknya Level-1))

2.10.9 Interval Kepercayaan

Menurut Soejanto (2009) interval kepercayaan adalah nilai minimum dan maksimum dimana diharapkan nilai rata-rata sebenarnya tetap tercakup dengan persentase kepercayaan tertentu. Berikut ini interval kepercayaan untuk data variabel pada rata-rata yang diprediksi (*predicted mean*) dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$\mu_{\text{predicted}} = \bar{y} + (\text{faktor terpilih 1} - \bar{y}) + \dots + (\text{faktor terpilih n} - \bar{y}) \quad (2-17)$$

Sumber: Belavendram (1995)

Keterangan:

\bar{y} = rata-rata nilai hasil dari faktor yang terpilih setelah *pooled*

$$Cl_{\text{mean}} = \sqrt{(F_{\alpha, v1, v2} \times V_e \times \frac{1}{n_{\text{eff}}})} \quad (2-18)$$

Sumber: Belavendram (1995)

$$n_{\text{eff}} = \frac{\text{total number of degree of freedom}}{\text{sum of degree of freedom used in estimate of mean}} \quad (2-19)$$

Sumber: Belavendram (1995)

Keterangan:

$F_{\alpha, v1, v2}$ = Nilai *F-ratio* dari tabel

α = Level kepercayaan = 0,05

- V1 = Derajat kebebasan untuk pembilang yang berhubungan dengan suatu rata-rata
 V2 = Derajat kebebasan untuk penyebut yang berhubungan dengan derajat kebebasan dari variabel *pooled error*
 Ve = Variansi *pooled error*

Berikut ini rumus interval kepercayaan pada tahap *predicted mean*.

$$\mu_{predicted} - Cl \leq \mu_{confirmation} \leq \mu_{confirmation} + Cl \quad (2-20)$$

Sumber: Belavendram (1995)

Berikut ini adalah perhitungan *confidence interval – for a confirmation experiment*.

Perhitungan ini dilakukan setelah melakukan uji konfirmasi.

$$Cl_{mean} = \sqrt{(F_{\alpha, v1, v2} \times Ve \times [\frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r}])} \quad (2-21)$$

Sumber: Belavendram (1995)

Keterangan:

$\frac{1}{r}$ = jumlah replikasi yang dilakukan saat uji konfirmasi

Berikut ini rumus interval kepercayaan pada tahap uji konfirmasi.

$$\mu_{predicted} - Cl \leq \mu_{confirmation} \leq \mu_{confirmation} + Cl \quad (2-22)$$

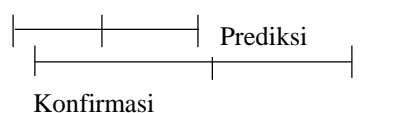
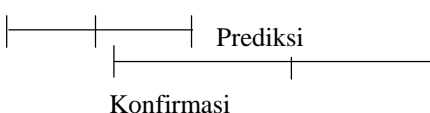
Sumber: Belavendram (1995)

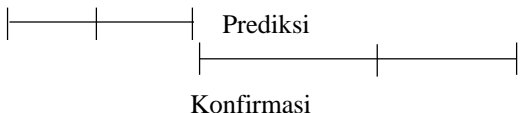
2.10.10 Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen konfirmasi bertujuan untuk memvalidasi kesimpulan yang diperoleh selama tahap analisa. Hal ini dikarenakan karena adanya pencampuran kolom maka kesimpulan yang diperoleh harus dianggap sebagai kesimpulan awal hingga dilakukannya validasi oleh eksperimen konfirmasi. Eksperimen konfirmasi juga bertujuan untuk melakukan pengujian kombinasi faktor dan level terpilih hasil dari analisis. Berikut merupakan penjelasan terkait penerimaan dan penolakan berkaitan dengan interval kepercayaan untuk rata rata prediksi yang ditampilkan pada Tabel 2.12.

Tabel 2.12

Perbandingan Selang Kepercayaan Nilai Prediksi dan Eksperimen Konfirmasi

Kondisi	Perbandingan	Keputusan
A		Diterima
B		Diterima

Kondisi	Perbandingan	Keputusan
C		Ditolak

Sumber: Belavendram (1995)

Pada Tabel 2.12 terlihat bahwa hasil eksperimen dapat diterima ketika posisi antara selang kepercayaan prediksi dan konfirmasi berhimpitan/beririsan (kondisi A dan B), dan eksperimen ditolak ketika selang kepercayaan antara prediksi dan konfirmasi tidak berhimpitan/beririsan sama sekali (kondisi A).



BAB III

METODE PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang bagaimana tahapan atau urutan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian, data yang digunakan, serta diagram alir penelitian agar dalam penyelesaian masalah dapat dilakukan dengan sistematis dan terarah.

3.1 Jenis Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental, dimana peneliti menggunakan data primer yang diambil dari penelitian eksperimen. Penelitian eksperimen adalah penelitian dengan memberikan perlakuan atau *treatment* pada suatu objek yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan (Sugiyono, 2012). Tujuan eksperimen adalah memahami cara untuk mengurangi dan mengendalikan variabilitas suatu produk atau proses lalu menentukan parameter-parameter yang mempengaruhi performansi suatu produk atau proses (Soejanto, 2009).

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di CV. Subur Makmur, Pakis, Kabupaten Malang. Penelitian ini berlangsung dari awal Desember 2017 sampai dengan bulan Maret 2018.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Untuk mendukung berjalannya eksperimen penelitian membutuhkan alat dan bahan. Berikut merupakan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu:

1. Alat

Adapun alat-alat yang dibutuhkan dalam melakukan penelitian ini sebagai berikut.

- a. *Stamp*
- b. Tiang bambu
- c. Ember besar
- d. Ember kecil
- e. Tali
- f. Gawangan
- g. Sarung tangan

- h. Gayung
 - i. Paku payung
 - j. Ranting kayu
2. Bahan

Adapun bahan-bahan yang dibutuhkan dalam melakukan penelitian ini sebagai berikut.

- a. Kain putih
- b. Lilin
- c. Zat pewarna batik
- d. Bahan pengunci
- e. Air

3.4 Tahap Penelitian

Pada tahap penelitian dijelaskan mengenai langkah-langkah dalam melaksanakan penelitian yang dimulai dari tahap penelitian pendahuluan sampai didapatkan kesimpulan dari hasil penelitian.

3.4.1 Tahap Penelitian Pendahuluan

Tahap penelitian pendahuluan meliputi studi pustaka, studi lapangan, identifikasi masalah, perumusan masalah dan tujuan penelitian dengan penjelasan sebagai berikut.

1. Metode penelitian kepustakaan (*Library Research*)

Metode penelitian kepustakaan merupakan metode yang digunakan untuk mendapatkan data dengan cara studi literatur di perpustakaan serta membaca sumber-sumber data informasi lainnya yang berhubungan dengan pembahasan.

2. Metode penelitian lapangan (*Field Research*)

Metode ini digunakan dalam pengumpulan data secara langsung pada objek penelitian, cara yang dipakai dalam *field research* ini adalah:

- a. *Interview*, yaitu pada tahapan ini dilakukan diskusi dan wawancara langsung terhadap pihak CV. Subur Makmur untuk mengetahui permasalahan yang ada terkait proses pembuatan batik cap serta mengetahui faktor-faktor apa saja yang berpengaruh terhadap kualitas akhir terhadap batik cap dari segi ketahanan luntur warna yang selama ini menjadi salah satu penyebab penurunan kualitas dari batik cap CV. Subur Makmur.
- b. *Observasi*, yaitu suatu metode dalam memperoleh data, dengan mengadakan pengamatan langsung terhadap keadaan yang sebenarnya. Observasi dilaksanakan

terhadap objek penelitian yakni pada proses pembuatan batik cap di CV. Subur Makmur.

- c. Dokumentasi, yaitu melakukan pengumpulan data baik secara langsung dengan menggunakan foto dan data historis. Dokumentasi dilakukan sebagai pelengkap data penelitian serta bukti dari hasil observasi langsung objek penelitian di CV. Subur Makmur pada saat proses pembuatan batik cap serta kondisi batik cap hasil dari penelitian.
- d. Eksperimen, merupakan cara pengumpulan data dengan melaksanakan percobaan langsung terhadap objek yaitu pembuatan batik cap. Pada penelitian ini eksperimen dilakukan dengan penelitian lapangan secara langsung dengan melakukan proses produksi batik cap di CV. Subur Makmur sesuai dengan tujuan penelitian.
- e. Diskusi, yaitu berdiskusi dan bertukar pikiran dengan pembuat batik cap dan dikombinasikan dengan teori untuk mengetahui faktor penyebab permasalahan.

3.4.2 Tahap Perencanaan Eksperimen

Tahap perencanaan eksperimen yakni untuk memperbaiki kualitas batik cap dengan metode Taguchi. Pada penelitian ini terdiri atas beberapa langkah antara lain melakukan identifikasi masalah, merumuskan masalah, serta menentukan tujuan penelitian. Penjelasan dari setiap langkah yang dilakukan dalam tahap perencanaan eksperimen tersebut yaitu:

1. Identifikasi masalah

Identifikasi masalah dilakukan berdasarkan studi lapangan terhadap objek penelitian dan studi literatur tentang permasalahan yang dihadapi. Pengamatan di lapangan dan wawancara dengan pihak pemilik serta pembuat batik cap kemudian mendefinisikan permasalahan yaitu menentukan batasan dan asumsi.

2. Perumusan masalah

Setelah mengidentifikasi masalah dengan seksama lalu dilanjutkan dengan merumuskan masalah sesuai dengan kenyataan di lapangan. Perumusan masalah didasarkan atas faktor apa saja yang mempengaruhi kualitas dari ketahanan luntur warna batik cap untuk mengurangi batik cap yang cacat serta dapat memenuhi kemauan konsumen dan bagaimana kombinasi faktor dan level faktor yang optimal sehingga mampu memperbaiki kualitas batik cap.

3. Penentuan tujuan dan manfaat penelitian

Tujuan penelitian ditentukan berdasarkan perumusan masalah yang telah dijabarkan. Hal ini ditujukan untuk menentukan batasan yang perlu dipahami dalam pengelolaan dan

analisis hasil pengukuran selanjutnya, sehingga diharapkan penelitian yang dilaksanakan mampu menyelesaikan permasalahan yang ada dimana tujuannya adalah untuk melakukan perbaikan kualitas batik cap dari segi ketahanan luntur warna terhadap pencucian.

3.4.2.1 Tahap Perancangan Desain Eksperimen Taguchi

Langkah-langkah yang dilakukan pada tahapan perancangan desain eksperimen taguchi untuk memperbaiki kualitas adalah:

1. Penetapan karakteristik kualitas dimana pada penelitian ini yang digunakan adalah *Larger the Better*.
2. Identifikasi faktor kontrol yang paling berpengaruh terhadap kualitas batik cap dilakukan dengan melakukan wawancara terhadap pekerja dan pihak *quality control* di CV. Subur Makmur. Tabel 3.1 menunjukkan faktor yang digunakan dalam penelitian dan memberikan pengaruh terhadap kualitas batik cap.

Tabel 3.1

Faktor Berpengaruh

No.	Faktor yang mempengaruhi	Penelitian terdahulu
1.	Jenis kain	Farid, A., dkk (2014), Andriani, D. P., dkk (2018)
2.	Jenis zat pewarna	Farid, A., dkk (2014), Andriani, D. P., dkk (2018)
3.	Jenis bahan pengunci	Andriani, D. P., dkk (2018)
4.	Rasio bahan pengunci	Adam, M., dkk (2015), Andriani, D. P., dkk (2018)
5.	Banyak pencelupan	Fajar, M., dkk (2017), Farid, A., dkk (2014)
6.	Waktu perendaman	Fajar, M., dkk (2017)
7.	Jenis air	Adam, M., dkk (2015)

3. Penentuan jumlah faktor dan level faktor yang berpengaruh terhadap kualitas batik cap dari segi ketahanan luntur warna terhadap pencucian dilakukan diskusi dengan pihak produksi dan *quality control* CV. Subur Makmur serta diskusi dengan dosen pembimbing serta berdasarkan literatur yang didapatkan dari buku dan jurnal baik jurnal nasional maupun jurnal internasional. Berdasarkan Tabel 3.1 diketahui faktor berpengaruh dari hasil studi literatur dan juga diskusi dengan CV Subur Makmur, selanjutnya ditentukan *setting* level yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut yang ditampilkan dalam Tabel 3.2.

Tabel 3.2

Faktor dan Level Faktor pada Kondisi Aktual

Kode	Faktor Terkendali	Level Faktor	
		1	2
A	Jenis kain	Katun	Rayon
B	Jenis zat pewarna	Polkatif	Sol
C	Jenis bahan pengunci	<i>Waterglass + Radiocool</i>	HCL + Nitrit
D	Rasio bahan pengunci	1:1	1:2

Kode	Faktor Terkendali	Level Faktor	
		1	2
E	Banyak pencelupan	2 kali	3 kali
F	Waktu perendaman	2 jam	3 jam
G	Jenis air	Air PDAM	Air Sumur

4. Penentuan derajat kebebasan pada tahap perencanaan ini dilakukan untuk menentukan jumlah minimal eksperimen yang dilakukan. Berikut adalah Tabel 3.3 yang menampilkan perhitungan *degree of freedom* untuk faktor yang berpengaruh.

Tabel 3.3

Perhitungan *Degree of Freedom*

Faktor		Df
Kode	Nama	
A	Jenis kain	(2-1)
B	Jenis zat pewarna	(2-1)
C	Jenis bahan pengunci	(2-1)
D	Rasio bahan pengunci	(2-1)
E	Banyak pencelupan	(2-1)
F	Waktu perendaman	(2-1)
G	Jenis air	(2-1)
Total		7

Dari hasil perhitungan derajat kebebasan diketahui bahwa jumlah *degree of freedom* adalah 7. Nilai 7 ini menunjukkan jumlah minimal eksperimen yang harus dilakukan.

Sehingga:

$$DF \text{ Faktor A} = (2-1) = 1$$

$$DF \text{ Faktor B} = (2-1) = 1$$

$$DF \text{ Faktor C} = (2-1) = 1$$

$$DF \text{ Faktor D} = (2-1) = 1$$

$$DF \text{ Faktor E} = (2-1) = 1$$

$$DF \text{ Faktor F} = (2-1) = 1$$

$$DF \text{ Faktor G} = (2-1) = 1$$

$$L_8 (2^7) = (2-1) * 7 = 7$$

5. Penetapan *orthogonal array* yang akan digunakan dan jumlah eksperimen berdasarkan faktor level dan derajat bebas yang telah didapatkan dari tahap sebelumnya. Tabel 3.4 menunjukkan tabel *orthogonal array* yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 3.4

Orthogonal Array

Eksperimen	A	B	C	D	E	F	G
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2

Eksperimen	A	B	C	D	E	F	G
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

Sumber: Belavendram (1995)

3.4.2.2 Tahap Pelaksanaan dan Analisis Eksperimen Taguchi

Berikut merupakan penjelasan tahap pelaksanaan dan analisis eksperimen Taguchi yang terdiri dari 4 tahap yaitu:

1. Tahap pelaksanaan eksperimen Taguchi

a. Persiapan

Melakukan persiapan bahan baku serta peralatan yang digunakan dalam melakukan eksperimen pembuatan batik cap sesuai dengan faktor maupun level faktor yang telah ditetapkan.

b. Pemotongan kain

Melakukan pemotongan kain secara manual sebanyak jumlah eksperimen yang dilakukan lalu dilakukan pemberian identitas untuk membedakan kain untuk setiap eksperimen sesuai dengan faktor dan level faktornya.

c. Pengecapan/pembuatan pola menggunakan *stamp*

Setelah dilakukan pemotongan, kain diletakkan di atas bantalan air lalu ditempatkan *stamp* yang telah dicelupkan dengan malam pada kain untuk membuat pola pada kain sesuai permintaan konsumen.

d. Pewarnaan batik

Pewarnaan pada kain dilakukan dengan cara mencelupkan kain yang sudah dibentuk pola ke dalam ember yang berisi cairan pewarna dengan menggunakan alat bantu sarung tangan dan juga ranting kayu sampai kain sudah terwarna dengan baik.

e. Penguncian warna batik

Selanjutnya dilakukan tahap penguncian warna batik dimana tahap ini merupakan salah satu hal yang paling berpengaruh dalam proses pewarnaan batik yang bertujuan untuk mengunci warna batik itu sendiri agar warna pada kain batik dapat terserap dengan baik dan tidak mengalami kelunturan ketika ditimpa dengan warna lain. Tahap penguncian warna batik dilakukan dengan cara mencelupkan kain batik yang sudah diwarna ke dalam ember yang berisi cairan pengunci batik. Jenis campuran pengunci yang digunakan adalah *waterglass* + kostik dan HCL + nitrit.

f. Penjemuran batik pertama

Setelah batik terwarna dengan baik, dilakukan tahap penjemuran batik pertama dengan menggantung kain menggunakan paku payung yang disematkan pada tali yang telah disiapkan dengan tujuan agar kain tersebut tidak jatuh apabila terkena angin.

g. Perendaman kain

Kain yang sudah kering, kemudian dilakukan tahap pencucian kain dengan meletakkan kain pada ember besar yang berisi air lalu kain direndam pada air selama waktu yang ditentukan dengan tujuan untuk memastikan apakah warna pada kain batik sudah terwarna dengan baik dan warna tidak luntur.

h. Penirisan kain

Kain batik yang telah dicuci, kemudian ditiriskan selama kurang lebih satu sampai dua jam.

i. Perebusan kain

Setelah kain batik ditiriskan, kain direbus pada air mendidih dengan tujuan untuk meluruhkan lilin/malam pada kain batik. Rebusan air mendidih mengandung soda as agar lilin yang luruh dapat mengendap dibawah dan dapat digunakan kembali.

j. Pencucian kain

Setelah kain direbus, kain batik diletakkan pada air dengan suhu normal lalu dilakukan pengecekan untuk memastikan apakah seluruh lilin/malam sudah hilang pada kain batik.

k. Penjemuran kain kedua

Penjemuran kain batik kedua atau terakhir yaitu setelah kain direndam. Penjemuran kembali dilakukan agar kain batik dapat siap digunakan.

2. Uji kelunturan eksperimen taguchi

Pada penelitian ini dilakukan pengujian ketahanan luntur warna terhadap pencucian yang dilakukan di Laboratorium Evaluasi Tekstil dan Kimia, Politeknik STT Tekstil, Bandung. Pengujian dilakukan dengan mengambil sampel warna dengan ukuran kain 20×20 cm tiap sampelnya. Penelitian tahan luntur warna dilakukan dengan melihat adanya perubahan warna asli sebagai tidak terdapat perubahan, terdapat sedikit perubahan, cukup berubah, dan berubah sama sekali. Terdapat dua cara untuk menilai perubahan warna yang terjadi pada pengujian tahan luntur warna terhadap pencucian yaitu menggunakan *gray scale* dan *staining scale*:

a. Cara pengujian menggunakan *gray scale*

- 1) Meletakkan sebagian tekstil yang asli dengan contoh yang telah diuji berdampingan pada bidang dan arah yang sama.
 - 2) Meletakkan *gray scale* disampingnya pada bidang yang sama. *Gray scale* dan tekstil yang dinilai ditutup sedemikian sehingga bagian yang terbuka hanya *gray scale* pembanding dan luas kain terbuka sama dengan luas *gray scale*.
 - 3) Daerah sekitarnya harus bewarna abu-abu yang merata dengan kecerahan yang sedikit lebih kecil dari kecerahan *gray scale* yang paling tua. Bilamana perlu untuk mencegah pengaruh latar belakang pada kenampakan bahan tekstil dipergunakan dua lapisan atau lebih bahan yang asli dibawah kedua contoh tersebut. Permukaan bahan diterangi dengan cahaya yang mempunyai kuat penerangan 540 lux atau lebih. Cahaya harus dijatuhkan pada permukaan membentuk sudut 45^0 dan arah pengamatan kira-kira tegak lurus pada bidang permukaan.
 - 4) Perbedaan visual antara contoh asli dan yang telah diuji dibandingkan dengan perbedaan yang sesuai dengan kekontrasan antara contoh uji asli dan contoh yang telah diuji. Nilai 5 hanya diberikan apabila tidak ada perbedaan warna (*shade and strength*) antara contoh asli dan contoh yang telah diuji.
- b. Cara pengujian menggunakan *staining scale*
- 1) Meletakkan sepotong kain putih yang tidak dinodai dan yang telah diuji berdampingan pada bidang dan arah yang sama.
 - 2) Meletakkan *staining scale* disampingnya pada bidang yang sama. *Staining scale* dan tekstil yang dinilai ditutup sedemikian sehingga bagian yang terbuka hanya *staining scale* pembanding dan luas kain terbuka sama dengan luas *staining scale*.
 - 3) Daerah sekitarnya harus bewarna abu-abu yang merata dengan kecerahan yang sedikit lebih kecil dari kecerahan lempeng *staining scale* yang paling tua. Jika diperlukan untuk mencegah pengaruh latar belakang pada kenampakan bahan tekstil dipergunakan dua lapisan atau lebih bahan yang asli dibawah kedua contoh tersebut. Permukaan bahan diterangi dengan cahaya yang mempunyai kuat penerangan 540 lux atau lebih. Cahaya harus dijatuhkan pada permukaan membentuk sudut 45^0 dan arah pengamatan kira-kira tegak lurus pada bidang permukaan.
 - 4) Perbedaan visual antara contoh asli dan yang telah diuji dibandingkan dengan perbedaan yang sesuai dengan kekontrasan antara contoh uji asli dan contoh

yang telah diuji. Nilai 5 hanya diberikan apabila tidak ada perbedaan warna (*shade and strength*) antara contoh asli dan contoh yang telah diuji.

3. Tahap pengolahan data

- a. Melakukan perhitungan rata-rata.
- b. Melakukan perhitungan ANOVA, dengan hipotesis seperti berikut.

1) Tingkat perubahan warna (*gray scale*)

a) Faktor A (jenis kain)

H₀: Tidak terdapat pengaruh faktor A (jenis kain) terhadap ketahanan luntur warna batik terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

H₁: Terdapat pengaruh faktor A (jenis kain) terhadap ketahanan luntur warna batik terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

b) Faktor B (jenis zat pewarna)

H₀: Tidak terdapat pengaruh faktor B (jenis zat pewarna) terhadap ketahanan luntur warna batik terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

H₁: Terdapat pengaruh faktor B (jenis zat pewarna) terhadap ketahanan luntur warna batik terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

c) Faktor C (jenis bahan pengunci)

H₀: Tidak terdapat pengaruh faktor C (jenis bahan pengunci) terhadap ketahanan luntur warna batik terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

H₁: Terdapat pengaruh faktor C (jenis bahan pengunci) terhadap ketahanan luntur warna batik terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

d) Faktor D (rasio bahan pengunci)

H₀: Tidak terdapat pengaruh faktor D (rasio bahan pengunci) terhadap ketahanan luntur warna batik terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

H₁: Terdapat pengaruh faktor D (rasio bahan pengunci) terhadap ketahanan luntur warna batik terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

e) Faktor E (banyak pencelupan)

H₀: Tidak terdapat pengaruh faktor E (banyak pencelupan) terhadap ketahanan luntur warna batik terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

H₁: Terdapat pengaruh faktor E (banyak pencelupan) terhadap ketahanan luntur warna batik terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

f) Faktor F (waktu perendaman)

H₀: Tidak terdapat pengaruh faktor F (waktu perendaman) terhadap ketahanan luntur warna batik terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

H₁: Terdapat pengaruh faktor F (waktu perendaman) terhadap ketahanan luntur warna batik terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

g) Faktor G (jenis air)

H₀: Tidak terdapat pengaruh faktor G (jenis air) terhadap ketahanan luntur warna batik terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

H₁: Terdapat pengaruh faktor G (jenis air) terhadap ketahanan luntur warna batik terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

2) Tingkat penodaan warna (*staining scale*)

a) Faktor A (jenis kain)

H₀: Tidak terdapat pengaruh faktor A (jenis kain) terhadap ketahanan luntur warna batik terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

H₁: Terdapat pengaruh faktor A (jenis kain) terhadap ketahanan luntur warna batik terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

b) Faktor B (jenis zat pewarna)

H₀: Tidak terdapat pengaruh faktor B (jenis zat pewarna) terhadap ketahanan luntur warna batik terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

H₁: Terdapat pengaruh faktor B (jenis zat pewarna) terhadap ketahanan luntur warna batik terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

c) Faktor C (jenis bahan pengunci)

H₀: Tidak terdapat pengaruh faktor C (jenis bahan pengunci) terhadap ketahanan luntur warna batik terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

H₁: Terdapat pengaruh faktor C (jenis bahan pengunci) terhadap ketahanan luntur warna batik terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

d) Faktor D (rasio bahan pengunci)

H₀: Tidak terdapat pengaruh faktor D (rasio bahan pengunci) terhadap ketahanan luntur warna batik terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

H₁: Terdapat pengaruh faktor D (rasio bahan pengunci) terhadap ketahanan luntur warna batik terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

e) Faktor E (banyak pencelupan)

H₀: Tidak terdapat pengaruh faktor E (banyak pencelupan) terhadap ketahanan luntur warna batik terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

H₁: Terdapat pengaruh faktor E (banyak pencelupan) terhadap ketahanan luntur warna batik terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

f) Faktor F (waktu perendaman)

H₀: Tidak terdapat pengaruh faktor F (waktu perendaman) terhadap ketahanan luntur warna batik terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

H₁: Terdapat pengaruh faktor F (waktu perendaman) terhadap ketahanan luntur warna batik terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

g) Faktor G (jenis air)

H_0 : Tidak terdapat pengaruh faktor G (jenis air) terhadap ketahanan luntur warna batik terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

H_1 : Terdapat pengaruh faktor G (jenis air) terhadap ketahanan luntur warna batik terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

c. Menghitung *Signal to Noise Ratio* (SNR)

Perhitungan *Signal to Noise Ratio* (SNR) untuk karakteristik kualitas *larger the better* dapat dilihat pada persamaan rumus (2-14) dan (2-15).

d. Menentukan *setting* level optimal dari masing-masing faktor.

e. Memprediksi kondisi optimal dan menghitung interval kepercayaan.

Perhitungan interval kepercayaan pada tahap *predicted mean* dapat dilihat pada persamaan rumus (2-20)

f. Melakukan eksperimen konfirmasi untuk memvalidasi hasil eksperimen dengan membandingkan nilai interval kepercayaan prediksi dan konfirmasi. Eksperimen konfirmasi ini dilakukan dengan mengkombinasikan faktor dan level faktor optimal yang terpilih.

4. Tahap analisis dan pembahasan

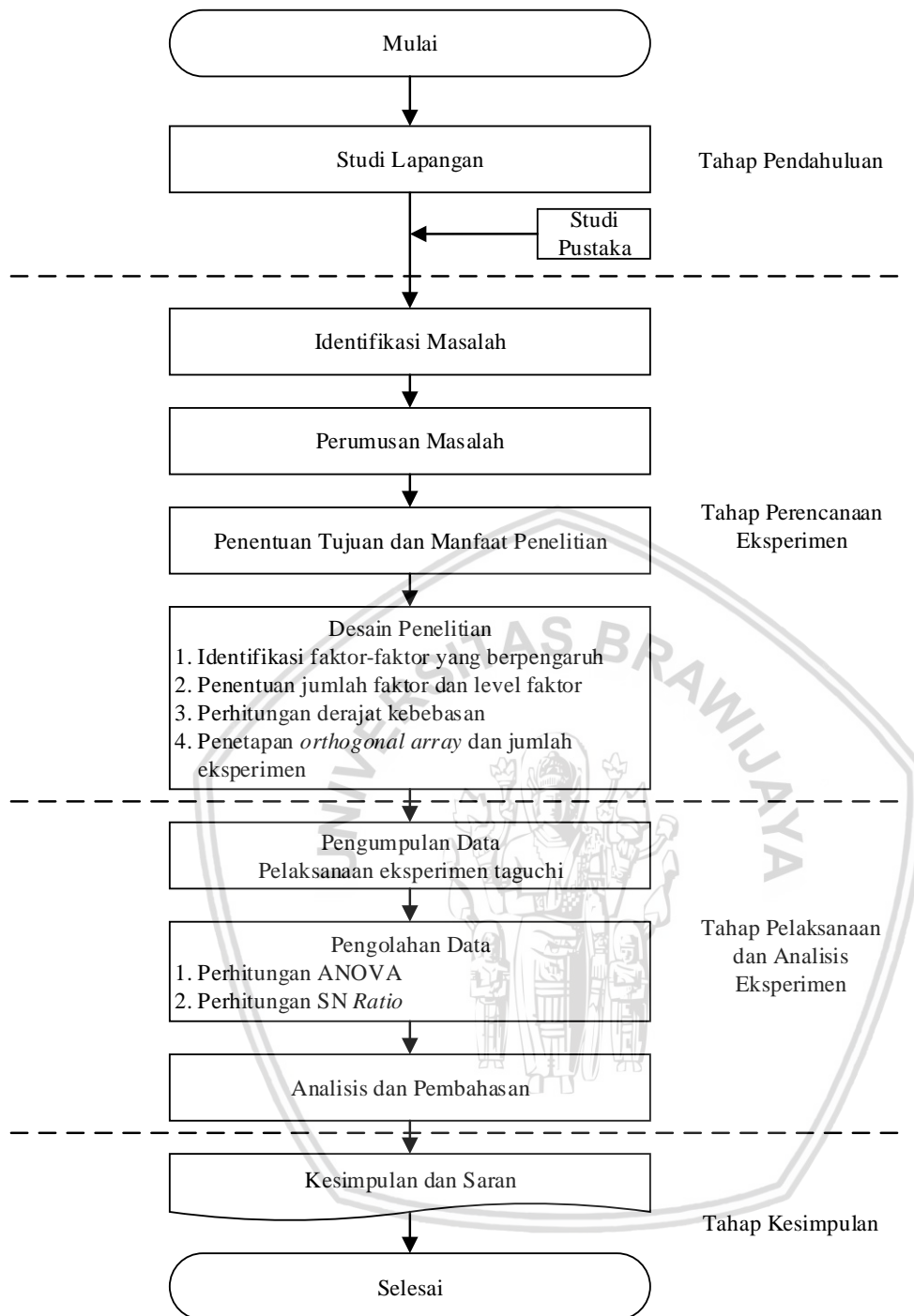
Analisis dan pembahasan dilakukan terhadap faktor dan level faktor yang memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas batik cap yang sesuai dengan selera masyarakat.

5. Tahap kesimpulan

Pada tahap ini dilakukan pengambilan kesimpulan yang sesuai dengan tujuan dilakukannya penelitian ini serta saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya dan kepada CV. Subur Makmur.

3.5 Diagram Alir Penelitian

Berikut ini adalah langkah-langkah penelitian yang ditampilkan dengan diagram alir pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan mengenai pembahasan dari rumusan masalah dan tujuan penelitian yang telah ditetapkan sebelumnya. Setelah data-data yang diperlukan diperoleh kemudian dilanjutkan dengan pengolahan data menggunakan metode Taguchi hingga diperoleh *setting level* untuk mengetahui kombinasi faktor dan level faktor yang optimal dalam meningkatkan kualitas batik cap terhadap kelunturan warna dengan pencucian.

4.1 Gambaran Umum Perusahaan

CV. Subur Makmur atau yang lebih sering dikenal dengan Istana Bordir merupakan perusahaan yang berdiri di bidang kerajinan bordir yang cukup terkenal di Malang. Istana Bordir memproduksi berbagai macam produk seperti kebaya, mukena, bordir pakaian wanita, baju koko dan batik khas Malang. Istana Bordir bertempat di Jalan Raya Pakis No. 69 Kecamatan Pakis, Kabupaten Malang.

Istana Bordir didirikan sejak tahun 1985 oleh Ibu Hj. Suningsih. Usaha ini berawal dari hobi Ibu Suningsih membuat sulaman yang kemudian akhirnya banyak diminati oleh tetangga sekitar dan akhirnya berkembang pesat sampai sekarang. Meskipun tidak menyebutkan angka yang pasti, Istana Bordir ini dapat menjual produknya sampai ratusan buah setiap harinya. Banyak pesanan yang terus mengalir dari beberapa daerah di Indonesia. Semua produk yang ditawarkan merupakan desain dan diproduksi di Istana Bordir sendiri sehingga produk yang dihasilkan mempunyai ciri khas tersendiri yang mungkin tidak ditemukan di daerah ataupun di tempat kerajinan batik yang lain.

Demi memajukan dan membuat konsumen senang dengan produksinya, Istana Bordir berani mengeluarkan produk bordir dengan bordiran khusus dan untuk produk batik dengan motif khusus. Warna-warna yang digunakan juga mempunyai ciri khas tersendiri dengan warna yang berani dan mencolok tidak seperti produk bordir yang dijual di pasaran khususnya kebaya sehingga menghilangkan kesan “tua” bagi yang memakainya seperti anggapan masyarakat saat ini bahwa bordir identik dengan kalangan sepuh/tua.


Istana Bordir juga memproduksi pakaian dengan jumlah yang terbatas sehingga harganya dapat mencapai jutaan rupiah. Meskipun Istana Bordir tidak pernah melakukan promosi berlebihan namun dengan mengandalkan kualitas dan pelayanan yang maksimal, produk Istana Bordir ini mampu menembus pasar Internasional. Istana Bordir Malang memproduksi bordir manual yang dikerjakan oleh tangan-tangan yang terampil di bidangnya



dan bordir yang berbasis komputer dengan kualitas terbaik di bidangnya yang akan menghasilkan bordiran yang lebih rapih meskipun dalam jumlah banyak dan lebih efisien dalam waktu pengerjaan.



4.2 Bahan Baku dan Alat Pembuatan Batik Cap

Berikut ini adalah Tabel 4.1 yang menunjukkan bahan baku yang digunakan untuk memproduksi batik cap.

Tabel 4.1
Bahan Baku Proses Produksi Batik Cap

No.	Bahan	Gambar	Keterangan
1.	Kain		<p>Kain merupakan bahan dasar yang digunakan untuk membatik. Kain merupakan jenis bahan tekstil yang diolah dengan cara menyilangkan benang lusi dan benang pakan. Jenis kain yang digunakan untuk membatik penelitian ini yaitu:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Katun Menurut Noerati, dkk (2013) katun merupakan kain yang berasal dari serat alam yaitu tumbuhan. Katun bersumber dari serat kapas dimana kandungan utamanya adalah selulosa sebesar 94%. Sifat kimia katun mirip seperti sifat selulosa dimana kuat dalam keadaan basah, dapat menyerap air (hidrofolik) dengan <i>moisture regain</i> sebesar 8,5%, tahan panas, lembut, namun elastisitas kurang baik, tidak tahan terhadap asam yang kuat, alkali dan bahan kimia yang berlebihan, dan mulur serat kapas rata-rata sekitar 7%. 2. Rayon Rayon terbuat dari polimer alami yang mensimulasikan serat selulosa alami. Perbedaan antara serat rayon dan serat selulosa adalah derajat polimerisasinya yang lebih rendah karena terjadi degradasi rantai polimer selama pembuatannya. Bahan dasar serat rayon adalah kayu yang dimurnikan dengan NaOH diubah menjadi Natrium Selulosa Xantat. Karakteristik dari rayon adalah halus dan lembut, kilau alaminya tinggi, daya serap sangat tinggi dengan <i>moisture regain</i> sebesar 12%,





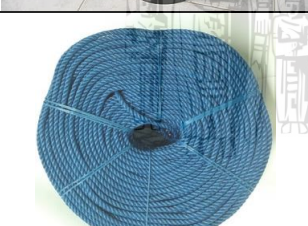


No.	Bahan	Gambar	Keterangan
			daya tahan terhadap air rendah, elastisitas kurang baik, tidak tahan terhadap asam yang kuat terutama dalam keadaan panas, serta kemuluran serat rata-rata sekitar 15%.
2.	Lilin/malam		Lilin/malam digunakan sebagai bahan untuk pembuatan pola pada batik yang berfungsi sebagai tinta. Lapisan lilin/mlam akan membuat motif batik tetap terjaga setelah dilakukan proses pewarnaan batik karena zat warna tidak dapat masuk karena tertutup oleh malam (<i>wax resist</i>). Malam dan pewarna pada dasarnya memiliki sifat yang bertolak belakang, lilin/malam mengandung minyak sedangkan pewarna mengandung air sehingga bagian yang telah diberi lapisan malam tidak bisa ditembus oleh warna.
3.	Zat pewarna batik		Zat pewarna batik yang digunakan merupakan pewarna sintetis dimana jenis pewarna sintetis yang digunakan pada eksperimen ini adalah: 1. Sol Sol termasuk zat pewarna reaktif dimana zat ini merupakan satu zat warna yang dapat mengadakan reaksi dengan serat (ikatan kovalen) sehingga zat warna tersebut merupakan bagian dari serat. Zat pewarna reaktif memiliki sifat larut dalam air, ketahanan luntur warna yang baik karena mengadakan reaksi dengan serat selulosa, tahan sinar atau kilap sangat baik karena berat molekulnya kecil, daya afinitas rendah, mengadakan reaksi dengan serat selulosa, dan bereaksi dengan bahan fiksasi natrium silikat. Zat pewarna reaktif yang digunakan adalah 70 ppm. 2. Polkatif Polkatif termasuk zat pewarna indigosol bejana. Zat warna ini terutama dipakai untuk mencelup bahan dari serat selulosa dan juga untuk wol. Zat warna indigosol bejana memiliki sifat tidak larut dalam air dan tidak dapat mewarnai serat secara langsung sehingga dalam pemakaiannya zat pewarna ini harus dibejanakan (direduksi) terlebih dahulu membentuk larutan yang mempunyai afinitas terhadap serat. Setelah berada di dalam serat maka benituk leuko tadi dioksidasi kembali menjadi bentuk semula





No.	Bahan	Gambar	Keterangan
			yang tidak larut dalam air sehingga menghasilkan ketahanan luntur warna yang paling baik diantara zat pewarna lainnya. Selain itu juga memiliki sifat tahan sinar dan tahan larutan hipoklorit yang baik. Zat warna indigosol yang digunakan dengan konsentrasi 5 ppm.
4.	Bahan pengunci		<p>Bahan pengunci digunakan sebagai pengunci warna pada kain batik agar warna pada kain batik dapat terserap dengan baik. Bahan pengunci digunakan sebagai mordant. Bahan campuran pengunci yang digunakan pada eksperimen ini yaitu:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Waterglass</i> + <i>radiocool</i> dengan komposisi 15 gram <i>radiocool</i> dan 2 kg <i>waterglass</i> murni untuk campuran 1L air. <i>Waterglass</i> (Na_2SiO_3) yang memiliki gugus logam sebagai bahan pengikat warna ketika berikatan dengan molekul zat warna sehingga ukurannya membesar dan sulit keluar dalam serat sedangkan <i>radiocool</i> sebagai bahan hidrolisisnya. 2. HCL + nitrit dengan komposisi 60 gram nitrit dan 50 cc HCL untuk campuran 1L air. HCL yang merupakan senyawa asam kuat memiliki fungsi sebagai bahan oksidasi untuk mendapatkan warna yang diinginkan sedangkan nitrit (NaNO_2) yang memiliki gugus logam sebagai bahan pengikat warna ketika berikatan dengan molekul zat warna sehingga ukurannya membesar dan sulit keluar dalam serat.
5.	Air		Air berfungsi sebagai pelarut pewarna batik dan pelarut bahan pengunci batik. Jenis air yang digunakan pada eksperimen ini adalah air sumur dan air PDAM.

Tidak hanya bahan baku, pada penelitian ini juga membutuhkan peralatan utama dalam pembuatan batik cap pada CV. Subur Makmur. Tabel 4.2 menunjukkan peralatan yang digunakan dalam pembuatan batik cap pada penelitian ini.

Tabel 4.2

Peralatan Proses Produksi Batik Cap

No.	Bahan	Gambar	Keterangan
1.	Stamp		<i>Stamp</i> berfungsi sebagai alat cetak yang digunakan untuk membuat pola pada batik cap dengan cara mencelupkan <i>stamp</i> pada lilin/malam yang dipanaskan. <i>Stamp</i> sendiri memiliki berbagai macam pola dan ukuran.
2.	Tiang bambu		Bambu digunakan sebagai tiang sanggahan untuk menjemur kain setelah dilakukan pewarnaan.
3.	Ember besar		Ember besar digunakan sebagai tempat perebusan kain batik serta perendaman kain.
4.	Ember kecil		Ember kecil digunakan sebagai wadah pelarutan zat pewarna dan sebagai tempat pewarnaan kain batik menggunakan zat pewarna yang telah dilarutkan.
5.	Tali		Tali digunakan untuk menjemur kain yang telah diwarnai dengan cara mengikatkan tali pada tiang bambu.
6.	Gawangan		Gawangan digunakan untuk meniriskan kain batik.
7.	Sarung tangan		Sarung tangan digunakan sebagai pelindung agar tangan tidak terkena dengan pewarna maupun zat kimia lainnya seperti bahan pengunci.



No.	Bahan	Gambar	Keterangan
8.	Gayung		Gayung digunakan untuk meletakkan air pada ember besar maupun ember kecil.
9.	Paku payung		Paku payung digunakan untuk menyematkan kain pada tali yang diikat pada tiang bambu agar kain tidak berpindah pada saat penjemuran.
10.	Ranting kayu		Ranting kayu digunakan sebagai pengaduk cairan kimia seperti zat pewarna dan bahan pengunci serta digunakan untuk memindahkan kain pada saat perebusan kain.
11.	Bantalan air		Bantalan air berfungsi sebagai alas pada saat pengecapan pola batik pada kain menggunakan <i>stamp</i> .







4.3 Proses Pembuatan Batik Cap




Pembuatan batik cap terdiri dari beberapa proses. Berikut ini merupakan Tabel 4.3 yang berisi penjelasan proses pembuatan batik cap.

Tabel 4.3

Tahapan Proses Pembuatan Batik Cap

No.	Proses Produksi	Keterangan
1.		Proses persiapan bahan baku serta peralatan sebelum pembuatan batik cap lalu dilakukan pemotongan kain secara manual sebanyak jumlah eksperimen yang dilakukan
2.		Pencelupan <i>stamp</i> pada lilin/malam yang telah dipanaskan

No.	Proses Produksi	Keterangan
3.		Pembuatan pola dengan menempatkan <i>stamp</i> yang telah dicelupkan dengan lilin/malam pada kain yang telah dipotong.
4.		Melarutkan campuran zat pewarna serta pengunci batik dengan air.
5.		Mencelupkan kain yang sudah diberi cap pada ember kecil yang berisi larutan pewarna dan pengunci. Pada tahap pewarnaan pada kain batik terjadi proses yaitu saat kain dicelupkan terjadi pengikatan molekul zat warna oleh serat lalu molekul zat warna dapat terserap menempel pada permukaan serat yang disebut adsorpsi. Lalu setelah warna terserap pada kain, terjadi tahapan penguncian dimana terjadi pembentukan jembatan kimia antara zat warna dengan serat sehingga afinitas zat warna meningkat terhadap serat dan membuat ukuran molekul zat warna menjadi lebih besar sehingga tahan lunturnya menjadi bagus.
6.		Penjemuran kain batik pertama setelah kain dilakukan pewarnaan dengan menggantungkan kain pada tali menggunakan paku payung yang disematkan pada kain. Tujuan penjemuran kain agar warna pada kain dapat teresap dengan baik.
7.		Setelah itu kain diletakkan pada ember besar berisi air lalu dilakukan perendaman selama waktu yang ditentukan dengan tujuan untuk menghilangkan sisa zat warna yang tidak terserap dan berikatan dengan serat yang masih menempel pada kain sehingga memastikan warna pada kain batik tidak luntur
8.		Kain batik yang telah dicuci, kemudian ditiriskan pada gawangan.

No.	Proses Produksi	Keterangan
9.		Kain direbus pada air mendidih dengan tujuan untuk meluruhkan lilin/malam pada kain batik.
10.		Kain yang telah direbus lalu diletakkan pada air dengan suhu normal lalu dilakukan penguakan untuk memastikan apakah seluruh kain/malam sudah hilang pada kain batik.
11.		Setelah seluruh lilin luruh, dilakukan penjemuran batik kedua atau terakhir sebelum kain siap digunakan.

4.4 Penetapan Karakteristik Kualitas

Penetapan karakteristik kualitas yang digunakan adalah *Larger the Better*. Karakteristik batik cap yang dinilai adalah dari segi kelunturan warna terhadap pencucian baik dari perubahan warna (*gray scale*) dan penodaan warna (*stanning scale*). Semakin tinggi poin terhadap hasil evaluasi penodaan warna dan perubahan warna maka kualitas batik cap akan semakin baik sehingga penelitian ini menghasilkan *setting level* optimal.

4.5 Penetapan Faktor dan Level Faktor Berpengaruh

Terdapat banyak faktor yang dapat mempengaruhi kualitas batik cap dari segi kelunturan warna dimana pengaruh yang diberikan oleh faktor-faktor dapat terjadi secara langsung maupun tidak langsung. Dalam melakukan penelitian perlu ditetapkan faktor dan level faktor apa saja yang memberikan pengaruh terhadap kualitas batik cap sehingga menghasilkan *setting level* optimal. Penetapan faktor dan level faktor berpengaruh didapatkan dari studi literatur yaitu berupa penelitian terdahulu dan hasil diskusi dengan para pekerja produksi batik cap serta pemilik CV. Subur Makmur. Sebelum menentukan faktor yang berpengaruh, terlebih dahulu dilakukan identifikasi terhadap keseluruhan faktor yang berpengaruh terhadap tingkat ketahanan luntur warna terhadap pencucian yang dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4
Identifikasi Faktor

No.	Faktor	Keterangan	Referensi
1.	Jenis kain	Bahan dasar terpenting dari pembuatan batik adalah kain, setiap jenis kain memiliki karakteristik yang berbeda yaitu bisa dari ketebalan maupun jenis seratnya. Sehingga, faktor jenis kain memiliki peranan penting terhadap kualitas ketahanan luntur warna batik terhadap sabun maupun gosokan.	Penelitian Saufik, Siswiyanti, dkk (2014)
		Salah satu faktor yang berpengaruh pada hasil desain produk batik tulis adalah jenis kain. Berdasarkan pada jurnal penelitian, jenis kain merupakan faktor yang berpengaruh signifikan dari hasil perhitungan ANOVA dan SNR.	Penelitian Rizky, dkk (2018)
2.	Jenis zat pewarna	Variasi zat pewarna memiliki peranan penting dalam proses pewarnaan batik, sehingga faktor jenis zat pewarna ini dapat meningkatkan kualitas produk batik dengan memiliki pengaruh signifikan terhadap ketahanan luntur warna terhadap sabun maupun gosokan.	Penelitian Saufik, Siswiyanti, dkk (2014)
		Berdasarkan jurnal penelitian, zat pewarna pada batik tulis memberikan pengaruh terhadap ketahanan luntur warna terhadap pencucian dimana zat pewarna yang digunakan adalah sol, polkatif, dan remasol.	Penelitian Rizky, dkk (2018)
3.	Rasio bahan pengunci	Campuran pengunci pada proses pewarnaan kain batik berfungsi untuk mengunci warna pada kain agar warna pada kain dapat teresap dengan baik sehingga akan menghasilkan warna yang pekat dan tidak mudah luntur.	Penelitian Susinggih, Beauty, dkk (2015)
		Berdasarkan jurnal penelitian, rasio campuran pengunci dengan air sangat menentukan dalam melakukan proses pewarnaan batik yang bertujuan agar warna pada batik dapat dilapisi dan ditahan oleh zat pengunci sehingga tidak mengalami kelunturan.	Penelitian Rizky, dkk (2018)
4.	Banyak pencelupan	Banyaknya pencelupan kain pada zat pewarna dapat meningkatkan kualitas warna pada batik agar tidak cepat pudar atau luntur, sehingga faktor ini memiliki pengaruh yang signifikan terhadap ketahanan luntur warna terhadap sabun dan gosokan kain dan juga dapat meningkatkan kualitas dari kain itu sendiri.	Penelitian Saufik, Zulfah, dkk (2013) Saufik, Siswiyanti, dkk (2014)
5.	Jenis air	Air PDAM mengandung tawas yang berfungsi sebagai penjernih air yang dapat mengikat koloid dalam air sedangkan air sumur mengandung kapur. Berdasarkan penelitian, tawas, kapur, dan tunjung merupakan bahan fiksasi yang dapat memberikan perbedaan hasil pewarnaan kain batik	Penelitian Susinggih, Beauty, dkk (2015)

No.	Faktor	Keterangan	Referensi
		dan memberikan pengaruh terhadap ketahanan luntur warna batik terhadap pencucian.	
6.	Waktu perendaman	Durasi perendaman kain memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kualitas kain tenun. Perendaman batik bertujuan untuk mengetahui apakah warna pada kain batik sudah terwarna dengan baik sehingga tidak luntur.	Penelitian Saufik, Zulfah, dkk (2013)
7.	Jenis bahan pengunci	Berdasarkan penelitian, jenis campuran pengunci dianggap berpengaruh terhadap kekuatan penguncian pada zat pewarna kain, dimana bertujuan untuk mengunci warna pada kain batik agar tidak tercampur dengan warna lainnya.	Penelitian Rizky, dkk (2018)
8.	Intensitas cahaya	Intensitas cahaya memberikan pengaruh terhadap lama pengeringan dari kain batik namun hal ini tidak mudah untuk dikontrol karena intensitas cahaya berasal dari cahaya matahari langsung.	Praktisi (Nasir, CV. Subur Makmur)
9.	Kelembapan udara	Kelembapan udara di sekitar proses pembuatan batik mempengaruhi durasi pengeringan kain serta kondisi dari pekerja saat mengerjakan batik namun untuk mengetahui kondisi kelembapan udara tidak dapat diprediksi.	Praktisi (Nasir, CV. Subur Makmur)
10.	Kecepatan pengadukan	Kecepatan pengadukan memberikan pengaruh terhadap rata atau tidaknya zat pewarna dengan air dan untuk mengontrol pengadukan dalam pembuatan batik agar sama sangat sulit untuk dikendalikan dikarenakan pengadukan dilakukan oleh manusia yaitu pekerja.	Praktisi (Nasir, CV. Subur Makmur)
11.	Jenis warna (molekul warna)	Warna terdapat 2 jenis yaitu warna yang tua dengan berat atau ukuran molekul besar sehingga menghasilkan warna yang pekat sehingga tidak mudah luntur dan warna muda dengan berat atau ukuran molekul kecil sehingga menghasilkan warna yang pudar dan mudah luntur. Namun, luntur disini terjadi ketika belum ditambahkan larutan pengunci sehingga tidak berpengaruh signifikan terhadap pencucian.	Penelitian Dwi (2010)

Pada Tabel 4.4 dijelaskan terdapat total 11 faktor yang dapat mempengaruhi ketahanan luntur warna pada batik cap terhadap pencucian, selanjutnya faktor-faktor tersebut dikelompokkan berdasarkan karakteristik pengaruhnya dalam faktor gangguan (*noise*), faktor kontrol (*control*), faktor *signal*, dan faktor skala. Klasifikasi faktor-faktor dapat dilihat pada Tabel 4.5.

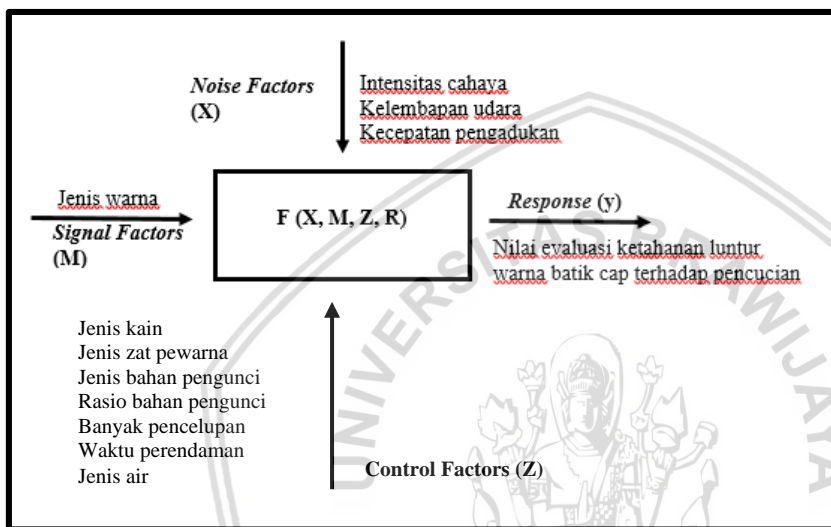
Tabel 4.5

Klasifikasi Faktor Desain Eksperimen

Klasifikasi Faktor	Faktor Desain Eksperimen
Faktor gangguan (<i>noise</i>)	Intensitas cahaya

Faktor kontrol (<i>control</i>)	Kelembapan udara
	Kecepatan pengadukan
	Jenis kain
	Jenis zat pewarna
	Jenis bahan pengunci
	Rasio bahan pengunci
	Banyak pencelupan
	Waktu perendaman
	Jenis air
Faktor <i>signal</i>	Jenis warna

Berikut merupakan grafik dari klasifikasi parameter pada penelitian ini yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik klasifikasi parameter penelitian

4.6 Penentuan Derajat Kebebasan dan Penetapan *Orthogonal Array*

Sebelum menetapkan desain *orthogonal array* yang sesuai maka dibutuhkan nilai derajat kebebasan (*degree of freedom*) dari masing-masing faktor dalam eksperimen. *Degree of freedom* yang digunakan harus sama dengan *degree of freedom* faktor utama tersebut. Tabel 4.6 berikut ini adalah perhitungan *degree of freedom* untuk faktor yang terkontrol dalam eksperimen.

Tabel 4.6

Degree of Freedom untuk Faktor yang Terkontrol dalam Penelitian

Faktor		Df
Kode	Penjelasan	
A	Jenis kain	(2-1)
B	Jenis zat pewarna	(2-1)
C	Jenis bahan pengunci	(2-1)
D	Rasio bahan pengunci	(2-1)
E	Banyak pencelupan	(2-1)
F	Waktu perendaman	(2-1)
G	Jenis air	(2-1)

Pada Tabel 4.6 diketahui bahwa *degree of freedom* dari faktor pada penelitian ini adalah tujuh (7). Untuk mengetahui *degree of freedom* dari faktor kontrol didapatkan dengan mengalikan derajat kebebasan per kolom dengan jumlah kolom. Berikut ini adalah perhitungan *degree of freedom* dari faktor kontrol.

$$\text{Degree of freedom } L_8(2^7) = (\text{Jumlah level} - 1) \times (\text{Jumlah Faktor})$$

$$\text{Degree of freedom } L_8(2^7) = (2 - 1) \times (7)$$

$$\text{Degree of freedom } L_8(2^7) = 7$$

Dari hasil perhitungan derajat kebebasan diperoleh nilai 7. Memilih matriks *orthogonal array* yang cocok atau sesuai dengan eksperimen adalah derajat kebebasan pada matriks *orthogonal array* standar harus lebih besar atau sama dengan perhitungan derajat kebebasan pada eksperimen (7 derajat kebebasan). Sehingga matriks *orthogonal array* yang dipilih adalah $L_8(2^7)$. Maka dari penelitian ini akan dilakukan 8 eksperimen dengan terdapat 7 faktor dan 2 level faktor didalamnya.

Dalam penelitian ini dilakukan *trial* sebanyak 3 kali, hal ini dikarenakan jumlah sampel yang disarankan adalah sebanyak 20-25 atau ukuran subgrup haruslah 3-5 (Montgomery, 2009). Sehingga jumlah percobaan yang akan dilakukan pada eksperimen Taguchi ini adalah sebanyak 24 kali. *Orthogonal array* yang akan digunakan pada penelitian ini akan ditampilkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7

Orthogonal Array $L_8(2^7)$

Eksperimen	Faktor						
	A	B	C	D	E	F	G
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

4.7 Penugasan pada *Orthogonal Array*

Tahap selanjutnya adalah penugasan *orthogonal array* pada penelitian. Tabel 4.8 berikut ini merupakan penugasan pada *orthogonal array* yang dilakukan dalam penelitian ini.

Tabel 4.8
Penugasan pada *Orthogonal Array*

Perlakuan	Faktor dan Level Faktor						
	Jenis Kain (A)	Jenis Zat Pewarna (B)	Jenis Bahan Pengunci (C)	Rasio Bahan Pengunci (D)	Banyak pencelupan (E)	Waktu Perendaman (F)	Jenis Air (G)
1	Katun	Polkatif	<i>Waterglass + radiocool</i>	1:1	2 kali	2 jam	Air PDAM
2	Katun	Polkatif	<i>Waterglass + radiocool</i>	1:2	3 kali	3 jam	Air Sumur
3	Katun	Sol	HCl + Nitrit	1:1	2 kali	3 jam	Air Sumur
4	Katun	Sol	HCl + Nitrit	1:2	3 kali	2 jam	Air PDAM
5	Rayon	Polkatif	HCl + Nitrit	1:1	3 kali	2 jam	Air Sumur
6	Rayon	Polkatif	HCl + Nitrit	1:2	2 kali	3 jam	Air PDAM
7	Rayon	Sol	<i>Waterglass + radiocool</i>	1:1	3 kali	3 jam	Air PDAM
8	Rayon	Sol	<i>Waterglass + radiocool</i>	1:2	2 kali	2 jam	Air Sumur

4.8 Pelaksanaan Eksperimen Taguchi

Dalam melakukan eksperimen Taguchi akan dibuat batik cap berdasarkan perlakuan faktor dan level faktor untuk setiap eksperimen.

4.8.1 Pengumpulan Data Eksperimen Taguchi

Pada eksperimen ini akan dilakukan proses pembuatan batik cap berdasarkan pada kombinasi faktor dan level faktor yang telah ditetapkan. Banyaknya eksperimen yang dilakukan adalah sebanyak 24 buah karena disesuaikan dengan *orthogonal array* yang digunakan yaitu $L_8 (2^7)$ dengan 3 replikasi. Eksperimen yang dilakukan bertujuan untuk meningkatkan kualitas batik cap dengan menguji ketahanan luntur warna terhadap pencucian. Karakteristik kualitas yang digunakan adalah *Larger the Better*.

Selanjutnya, batik cap yang telah dibuat dilakukan pengujian ketahanan luntur warna terhadap pencucian di Laboratorium Evaluasi Tekstil dan Kimia, Politeknik STT Tekstil, Bandung. Data yang didapatkan terdapat nilai evaluasi perubahan warna dengan skala *gray scale* dan penodaan warna dengan skala *staining scale*. Dimana terdapat nilai satu sampai dengan lima, nilai satu menunjukkan bahwa evaluasi tahan luntur warna jelek atau buruk sedangkan nilai lima menunjukkan bahwa evaluasi tahan luntur warna baik sekali. Nilai evaluasi tahan luntur warna terhadap angka-angka *gray scale* dan *staining scale* dapat dilihat pada Tabel 2.4. Pada pengujian kelunturan batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat

penodaan warna (*staining scale*) dikenakan kepada berbagai macam jenis kain seperti wol, akrilik, poliester, nylon, kapas dan astat rayon yang dapat dilihat pada Lampiran 1 dimana penodaan warna ini melihat kondisi yang kemungkinan terjadi seberapa kelunturan akan menodai kain apabila kain tersebut dicuci bercampur dengan bahan kain lainnya. Pada perhitungan data menggunakan hasil pengujian penodaan warna terhadap kapas karena jenis bahan pakaian yang sering digunakan di Indonesia yaitu katun dimana katun ini terbuat dari serat kapas yang memiliki sifat untuk menyerap keringat dan sangat cocok digunakan di negara tropis seperti di Indonesia sehingga kain batik cap nantinya akan sering dilakukan pencucian dengan pakaian berbahan dasar kapas. Berikut merupakan Tabel 4.9 yang menunjukkan hasil pengujian ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian yang dinilai dengan skala *gray scale* dan *staining scale*.

Tabel 4.9

Hasil Pengujian Ketahanan Luntur Warna Terhadap Pencucian dengan nilai Perubahan Warna (*Gray Scale*) dan Penodaan Warna (*Staining Scale*)

Eksperimen	Perubahan Warna (<i>Gray Scale</i>)			Penodaan Warna (<i>Staining Scale</i>)		
	Replikasi I	Replikasi II	Replikasi III	Replikasi I	Replikasi II	Replikasi III
1	3	3	3,5	3,5	3	3,5
2	4	4	5	4	4,5	4
3	3,5	3,5	4	3,5	3,5	4
4	4	4	4,5	4	4	4,5
5	4	4	3	4	4	3,5
6	5	5	5	4,5	4,5	5
7	3,5	3	2,5	3,5	3	2,5
8	2	2	2	2,5	2	2

4.8.2 Pengolahan Data Eksperimen Taguchi

Pada pengolahan data eksperimen Taguchi ini akan meliputi dua data penilaian pengujian ketahanan luntur warna terhadap pencucian yaitu perubahan warna (*gray scale*) dan penodaan warna (*staining scale*).

4.8.2.1 Pengolahan Data Eksperimen Taguchi Tingkat Perubahan Warna (*Gray Scale*)

Data pertama yang akan diolah dengan metode Taguchi adalah tingkat perubahan warna terhadap pencucian. Melalui perhitungan tabel respon, ANOVA dan *Signal to Noise Ratio* nantinya didapatkan *setting level* optimal.

4.8.2.1.1 Perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA) Nilai Rata-Rata untuk Data Variabel Tingkat Perubahan Warna (*Gray Scale*)

Analysis of Variance (ANOVA) data variabel merupakan jenis yang digunakan pada metode Taguchi, hal ini bertujuan untuk mengetahui kontribusi faktor. Sehingga dapat diperoleh faktor-faktor yang dapat mempengaruhi nilai respon. Pada tahap pencarian *setting level* optimal dapat menggunakan metode *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk meminimasi terjadinya penyimpangan variasi. Langkah perhitungan pada *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk data variabel adalah sebagai berikut.

1. Melakukan pengolahan data rata-rata

Melakukan pengolahan data rata-rata tingkat perubahan warna terhadap pencucian hasil eksperimen seperti pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10

Perhitungan Rata-Rata Tingkat Perubahan Warna (*Gray Scale*)

Eksperimen	Faktor							Tingkat Perubahan Warna (<i>Gray Scale</i>)			
	A	B	C	D	E	F	G	Rep I	Rep II	Rep III	Rata-Rata
1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3,5	3,17
2	1	1	1	2	2	2	2	4	4	5	4,33
3	1	2	2	1	1	2	2	3,5	3,5	4	3,67
4	1	2	2	2	2	1	1	4	4	4,5	4,17
5	2	1	2	1	2	1	2	4	4	3	3,67
6	2	1	2	2	1	2	1	5	5	5	5,00
7	2	2	1	1	2	2	1	3,5	3	2,5	3,00
8	2	2	1	2	1	1	2	2	2	2	2,00

Setelah didapatkan nilai rata-rata perubahan warna terhadap pencucian seperti pada tabel diatas, selanjutnya adalah tabel respon eksperimen.

2. Membuat tabel respon

Berikut ini merupakan contoh perhitungan tabel respon.

$$\text{Faktor A level pertama } (\overline{A1}) = \frac{\sum \text{rata-rata level 1 pada faktor A}}{4}$$

$$\text{Faktor A level pertama } (\overline{A1}) = \frac{(3,17 + 4,33 + 3,67 + 4,17)}{4}$$

$$\text{Faktor A level pertama } (\overline{A1}) = 3,83$$

Perhitungan dilakukan hingga faktor G dengan level kedua. Lalu dicari selisih antara nilai level pertama dan level kedua pada tiap faktornya, setelah itu didapatkan nilai selisih (*difference*), langkah selanjutnya adalah mengurutkan nilai *difference* dari yang terkecil ke yang terbesar. Dikarenakan karakteristik kualitas yang digunakan adalah *larger the better* (semakin besar semakin baik) sehingga pada tiap faktornya dipilih level mana yang memiliki nilai lebih besar. Tabel 4.11 menunjukkan hasil dari perhitungan tabel respon.

Tabel 4.11

Tabel Respon Rata-Rata Tingkat Perubahan Warna (*Gray Scale*)

Tabel Respon Rata-Rata							
	A	B	C	D	E	F	G
Level 1	3,83	4,04	3,13	3,38	3,46	3,25	3,83
Level 2	3,42	3,21	4,13	3,88	3,79	4,00	3,42
Difference	0,42	0,83	1,00	0,50	0,33	0,75	0,42
Rank	5	2	1	4	7	3	6

Dari perhitungan pada Tabel 4.11, didapatkan level mana untuk tiap-tiap faktor dengan nilai rata-rata tertinggi yaitu faktor C level 2 (jenis bahan pengunci HCL + nitrit), faktor B level 1 (jenis zat pewarna polkatif), faktor F level 2 (waktu perendaman 3 jam), faktor D level 2 (rasio bahan pengunci 1:2), faktor A level 1 (jenis kain katun), faktor G level 1 (jenis air PDAM) dan faktor E level 2 (waktu pencelupan 3 kali).

3. Melakukan perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk nilai rata-rata

a. Dalam melakukan perhitungan *Analysis of Variance*, yang pertama kali dilakukan adalah menentukan hipotesis penelitian yaitu sebagai berikut.

1) Faktor A (jenis kain)

H₀: Tidak terdapat pengaruh faktor A (jenis kain) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

H₁: Terdapat pengaruh faktor A (jenis kain) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

2) Faktor B (jenis zat pewarna)

H₀: Tidak terdapat pengaruh faktor B (jenis zat pewarna) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

H₁: Terdapat pengaruh faktor B (jenis zat pewarna) terhadap ketahanan luntur warna batik terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

3) Faktor C (jenis bahan pengunci)

H₀: Tidak terdapat pengaruh faktor C (jenis bahan pengunci) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

H₁: Terdapat pengaruh faktor C (jenis bahan pengunci) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

4) Faktor D (rasio bahan pengunci)

H₀: Tidak terdapat pengaruh faktor D (rasio bahan pengunci) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

H₁: Terdapat pengaruh faktor D (rasio bahan pengunci) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

5) Faktor E (waktu pencelupan)

H₀: Tidak terdapat pengaruh faktor E (waktu pencelupan) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

H₁: Terdapat pengaruh faktor E (waktu pencelupan) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

6) Faktor F (waktu perendaman)

H₀: Tidak terdapat pengaruh faktor F (waktu perendaman) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

H₁: Terdapat pengaruh faktor F (waktu perendaman) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

7) Faktor G (jenis air)

H₀: Tidak terdapat pengaruh faktor G (jenis air) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

H₁: Terdapat pengaruh faktor G (jenis air) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

Kriteria penerimaan H₀ ketika nilai dari $F \text{ Ratio} < F \text{ tabel}$, sedangkan kriteria penolakan H₀ yaitu jika $F \text{ Ratio} > F \text{ tabel}$

b. Perhitungan Jumlah Kuadrat Total atau *Sum of Squares* (SSTotal)

$$SSTotal = \sum y^2$$

$$SSTotal = (3^2 + 3^2 + 3,5^2 + \dots + 2^2)$$

$$SSTotal = 335,50$$

c. Perhitungan Jumlah Rata-rata Kuadrat atau *Sum of Squares of the Mean* (SS_{mean})

1) Total tingkat perubahan warna keseluruhan

$$= 3 + 3 + 3,5 + \dots + 2$$

$$= 87$$

n = jumlah eksperimen x jumlah replikasi

$$n = 8 \times 3 = 24$$

Rata-rata tingkat perubahan warna seluruhnya (\bar{y})

$$= \frac{\text{Total tingkat perubahan warna}}{n} = \frac{87}{24} = 3,63$$

2) Setelah dilakukan perhitungan tingkat perubahan warna maka dilakukan perhitungan Jumlah Rata-Rata Kuadrat atau *Sum of Squares of the Mean*.

$$SS_{mean} = n \times \bar{y}^2$$

$$SS_{mean} = 24 \times 3,63^2 = 315,38$$

d. Perhitungan Jumlah Kuadrat karena Faktor ($SS_A, SS_B, SS_C, SS_D, SS_E, SS_F, SS_G$)

Berikut ini adalah contoh perhitungan Jumlah Kuadrat karena Faktor A

$$SS_A = \left((\bar{A1})^2 \times n1 \right) + \left((\bar{A2})^2 \times n2 \right) - SS_{mean}$$

$$SS_A = \left((3,83)^2 \times 12 \right) + \left((3,42)^2 \times 12 \right) - 315,38 = 1,04$$

Untuk perhitungan Jumlah Kuadrat karena Faktor pada faktor B, C, D, E, F, G dan *error* dilakukan dengan perhitungan yang sama.

e. Perhitungan Jumlah Kuadrat karena *Error* atau *The Error Sum of Squares*

$$SSE = SST - SS_{mean} - SS_A - SS_B - SS_C - SS_D - SS_E - SS_F - SS_G$$

$$SSE = 335,30 - 315,38 - 1,04 - 4,17 - 6,00 - 1,50 - 0,67 - 3,38 - 1,04$$

$$SSE = 2,33$$

f. Membuat tabel ANOVA untuk nilai rata-rata

1) Menghitung Derajat Kebebasan untuk masing-masing faktor

$$DF_A = (\text{number of level} - 1)$$

$$= (2 - 1) = 1$$

2) Menghitung Derajat Kebebasan Total

$$DF_T = (\text{number of experiment} - 1)$$

$$DF_T = (24 - 1) = 23$$

Sedangkan untuk menghitung Derajat Kebebasan *Error* sebagai berikut.

$$DF_e = DF_T - (DF_A + DF_B + DF_C + DF_D + DF_E + DF_F + DF_G)$$

$$DF_e = 23 - (1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1)$$

$$DF_e = 16$$

- 3) Menghitung Rata-Rata Jumlah Kuadrat atau *Mean Sum of Square* (MS)

Berikut ini adalah contoh perhitungan rata-rata Jumlah Kuadrat A

$$MSA = \frac{SSA}{v_A}$$

$$MSA = \frac{1,04}{1} = 1,04$$

Untuk perhitungan rata-rata Jumlah Kuadrat atau *Mean Sum of Square* pada faktor B, C, D, E, F, G dan *error* dilakukan dengan perhitungan yang sama.

- 4) Menghitung nilai *F-Ratio*

Berikut ini adalah contoh perhitungan nilai (*F-Ratio*) untuk faktor A.

$$F\text{-Ratio A} = \frac{MSA}{MSE_{Error}}$$

$$F\text{-Ratio A} = \frac{1,04}{0,15} = 7,14$$

Untuk perhitungan *F-Ratio* pada faktor B, C, D, E, F, G dan *error* dilakukan dengan perhitungan yang sama.

- 5) Menghitung nilai *SS'* pada masing-masing faktor

Berikut ini adalah contoh perhitungan *SSA'*

$$SS' \text{ Faktor} = SS \text{ Faktor} - (DF \text{ Faktor} \times MS \text{ Error})$$

$$SSA' = 1,04 - (1 \times 0,15) = 0,90$$

Untuk perhitungan *SS'* pada faktor B, C, D, E, F, G dilakukan dengan perhitungan yang sama sedangkan untuk *SSE'* sebagai berikut.

$$SSE' = SST_{Total} - SS_{mean} - SSA' - SSB' - SSC' - SSD' - SSE' - SSF' - SSG'$$

$$SSE' = 335,50 - 315,38 - 0,90 - 4,02 - 5,85 - 1,35 - 0,52 - 3,23 - 0,90$$

$$SSE' = 3,35$$

- 6) Menghitung *Percent Contribution* (*Rho%*) untuk masing-masing faktor

Berikut ini adalah contoh perhitungan *Rho%* A.

$$Rho\% A = \frac{SS_A'}{SST} \times 100\%$$

$$Rho\% A = \frac{0,90}{20,13} \times 100\% = 4,45\%$$

Untuk perhitungan *Rho%* pada faktor B, C, D, E, F, G dan *error* dilakukan dengan perhitungan yang sama.

4. Tabel *Analysis of Variance* (ANOVA) nilai rata-rata

Hasil perhitungan ANOVA untuk nilai rata-rata tingkat perubahan warna terhadap pencucian ditunjukkan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12

Analysis of Variance (ANOVA) Nilai Rata-Rata Tingkat Perubahan Warna (Gray Scale)

Sumber	SS	DF	MS	F Ratio	SS'	Ratio %	F Tabel ($F_{0,05;1;16}$)
A	1,04	1	1,04	7,14	0,90	4,45%	4,49
B	4,17	1	4,17	28,57	4,02	19,98%	4,49
C	6,00	1	6,00	41,14	5,85	29,09%	4,49
D	1,50	1	1,50	10,29	1,35	6,73%	4,49
E	0,67	1	0,67	4,57	0,52	2,59%	4,49
F	3,38	1	3,38	23,14	3,23	16,05%	4,49
G	1,04	1	1,04	7,14	0,90	4,45%	4,49
Error	2,33	16	0,15	1,00	3,35	16,67%	
SST	20,13	23			20,13	100,00%	
Mean	315,38	1					
SStotal	335,50	24					

Setelah didapatkan nilai-nilai pada Tabel 4.12, selanjutnya dilakukan pengujian hipotesis. Kemudian dapat ditarik kesimpulan berdasarkan tabel ANOVA diatas sebagai berikut.

a. Faktor A (jenis kain)

H_0 : Tidak terdapat pengaruh faktor A (jenis kain) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

H_1 : Terdapat pengaruh faktor A (jenis kain) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

Kesimpulan: $F \text{ ratio} = 7,14 \geq F \text{ tabel } (F_{0,05;1;16} = 4,49)$, maka H_0 ditolak artinya terdapat pengaruh faktor A (jenis kain) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

b. Faktor B (jenis zat pewarna)

H_0 : Tidak terdapat pengaruh faktor B (jenis zat pewarna) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

H_1 : Terdapat pengaruh faktor B (jenis zat pewarna) terhadap ketahanan luntur warna batik terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

Kesimpulan: $F \text{ ratio} = 28,57 \geq F \text{ tabel } (F_{0,05;1;16} = 4,49)$, maka H_0 ditolak artinya terdapat pengaruh faktor B (jenis zat pewarna) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

c. Faktor C (jenis bahan pengunci)

H_0 : Tidak terdapat pengaruh faktor C (jenis bahan pengunci) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

H₁: Terdapat pengaruh faktor C (jenis bahan pengunci) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

Kesimpulan: $F \text{ ratio} = 41,14 \geq F \text{ tabel } (F_{(0,05;1;16)} = 4,49)$, maka H₀ ditolak artinya terdapat pengaruh faktor C (jenis bahan pengunci) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

d. Faktor D (rasio bahan pengunci)

H₀: Tidak terdapat pengaruh faktor D (rasio bahan pengunci) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

H₁: Terdapat pengaruh faktor D (rasio bahan pengunci) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

Kesimpulan: $F \text{ ratio} = 10,29 \geq F \text{ tabel } (F_{(0,05;1;16)} = 4,49)$, maka H₀ ditolak artinya terdapat pengaruh faktor D (rasio bahan pengunci) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

e. Faktor E (waktu pencelupan)

H₀: Tidak terdapat pengaruh faktor E (waktu pencelupan) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

H₁: Terdapat pengaruh faktor E (waktu pencelupan) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

Kesimpulan: $F \text{ ratio} = 4,57 \geq F \text{ tabel } (F_{(0,05;1;16)} = 4,49)$, maka H₀ ditolak artinya terdapat pengaruh E (waktu pencelupan) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

f. Faktor F (waktu perendaman)

H₀: Tidak terdapat pengaruh faktor F (waktu perendaman) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

H₁: Terdapat pengaruh faktor F (waktu perendaman) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

Kesimpulan: $F \text{ ratio} = 23,14 \geq F \text{ tabel} (F_{(0,05;1;16)} = 4,49)$, maka H_0 ditolak artinya terdapat pengaruh faktor F (waktu perendaman) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

g. Faktor G (jenis air)

H_0 : Tidak terdapat pengaruh faktor G (jenis air) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

H_1 : Terdapat pengaruh faktor G (jenis air) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

Kesimpulan: $F \text{ ratio} = 7,14 \geq F \text{ tabel} (F_{(0,05;1;16)} = 4,49)$, maka H_0 ditolak artinya terdapat pengaruh G (waktu pencucian) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

Berdasarkan hipotesis diatas, dapat diketahui bahwa seluruh faktor memiliki nilai $F \text{ Ratio} \geq F \text{ tabel} (F_{(0,05;1;16)} = 4,49)$, maka H_0 ditolak yang artinya bahwa seluruh faktor memberikan pengaruh terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*). Jika dilihat seberapa besar pengaruh masing-masing faktor ditunjukkan dari persen kontribusi (*Rho%*) diketahui bahwa faktor C (jenis bahan pengunci) dengan jumlah persen kontribusi sebesar 29,09% merupakan penyumbang persen kontribusi faktor terbesar diantara enam faktor lainnya. Selanjutnya untuk faktor dengan urutan persen kontribusi terbesar ke terkecil adalah faktor B (jenis zat pewarna) dengan nilai 19,98%, faktor F (waktu perendaman) dengan nilai 16,05%, faktor D (rasio bahan pengunci) dengan nilai 6,73%, faktor A (jenis kain) dan faktor G (jenis air) memiliki nilai kontribusi yang sama yaitu 4,45%, dan yang memberikan pengaruh paling kecil yaitu faktor E (waktu pencelupan) dan dengan nilai 2,59%.

Persen kontribusi (*Rho%*) merupakan gambaran sesungguhnya dalam persentase berdasarkan jumlah kuadrat suatu sumber terhadap jumlah kuadrat (Soejanto, 2009). Pada Tabel 4.12 diketahui bahwa *Rho% error* memiliki nilai 16,67% dari jumlah kuadrat total maka dari itu dapat pula diketahui total persen kontribusi seluruh faktor sebesar 100%.

5. *Pooling up*

Tahap *pooling up* bertujuan untuk menghindari kesalahan (*error*) berlebih dalam penelitian. Berdasarkan analisis tabel ANOVA, diketahui bahwa semua faktor memberikan pengaruh yang signifikan dibuat dengan nilai $F \text{ ratio}$ yang lebih besar jika dibandingkan dengan $F \text{ tabel} (F_{(0,05;1;16)} = 4,49)$, namun tidak semua faktor memberikan

persentase pengaruh yang sama besar yaitu dilihat berdasarkan nilai % rasio yang berbeda-beda. Dalam *pooling up* disarankan untuk menggunakan setengah derajat kebebasan dari matriks *orthogonal* yang digunakan dalam eksperimen (Belavendram, 1995), maka diperlukan 3 pengaruh utama untuk perkiraan dikarenakan eksperimen ini menggunakan matriks *orthogonal* L_8 (2^7). Maka dari itu perlu dilakukan *pooling* terhadap 4 faktor dengan *F ratio* terkecil dalam *error*. Nilai *F ratio* yang terkecil adalah faktor E (waktu pencelupan) yaitu 4,57 yang mana faktor E hanya memberikan pengaruh terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*) adalah sebesar 2,59%, faktor G (jenis air) dan faktor A (jenis kain) yaitu 4,45 yang mana faktor G dan A hanya memberikan pengaruh terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*) adalah sebesar 4,45% dan faktor D (rasio bahan pengunci) yaitu 10,29 yang mana faktor D hanya memberikan pengaruh terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*) adalah sebesar 6,73%. Pada awalnya *pooling* dilakukan pada varian terkecil dengan memberikan tanda Y pada kolom *pooled* yang artinya sumber tersebut telah di *pool* ke dalam *pooled e* (*pooled error*). Berikut ini perhitungan *pooling up* untuk faktor A, faktor D, faktor E, faktor G.

a. $SS (pooled e) = Se + SS_A + SS_D + SS_E + SS_G$

$$SS (pooled e) = 2,33 + 1,04 + 1,50 + 0,67 + 1,04 = 6,58$$

b. $DF (pooled e) = DF_e + DF_A + DF_D + DF_E + DF_G$

$$DF (pooled e) = 16 + 1 + 1 + 1 + 1 = 20$$

c. $MS_{pooled e} = \frac{SS_{pooled e}}{DF_{pooled e}}$

$$MS_{pooled e} = \frac{6,58}{20} = 0,33$$

d. $F \text{ Ratio } B = \frac{Ms B}{MS_{pooled e}}$

$$F \text{ Ratio } B = \frac{4,17}{0,33} = 12,66$$

e. $SSB' = SSB - (DF_B \times MS_{pooled e})$

$$SSB' = 4,17 - (1 \times 0,33) = 3,84$$

$$SS_{pooled e'} = SST - (SSB' + SSC' + SSF')$$

$$SS_{pooled e'} = 20,13 - (3,84 + 5,67 + 3,05) = 7,57$$

f. $Rho\% B = \frac{SSB'}{SSt} \times 100\%$

$$Rho\% B = \frac{3,84}{20,13} \times 100\% = 19,07\%$$

Berikut ini merupakan hasil perhitungan ANOVA data variabel setelah dilakukan *pooling* yang ditunjukkan pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13

Analysis of Variance (ANOVA) Pooling Rata-Rata Tingkat Perubahan Warna (Gray Scale)

Sumber	Pooled	SS	DF	MS	F Ratio	SS'	Ratio %	F Tabel (F _{0,05;1;20})
A	Y	1,04	-	-	-	-	-	-
B		4,17	1	4,17	12,66	3,84	19,07%	4,35
C		6,00	1	6,00	18,23	5,67	28,18%	4,35
D	Y	1,50	-	-	-	-	-	-
E	Y	0,67	-	-	-	-	-	-
F		3,38		3,38	10,25	3,05	15,13%	4,35
G	Y	1,04	-	-	-	-	-	-
Error	Y	2,33	1	2,33	-	-	-	-
Pooled e		6,58	20	0,33	1	7,57	37,62%	
SST		20,13	23					
Mean		315,38	1					
SStotal		335,50	24					

Pengujian hipotesis serta kesimpulan yang dihasilkan Tabel 4.13 diatas setelah dilakukan *pooling* kepada faktor A, D, E, dan G sebagai berikut.

a. Faktor B (jenis zat pewarna)

H₀: Tidak terdapat pengaruh faktor B (jenis zat pewarna) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

H₁: Terdapat pengaruh faktor B (jenis zat pewarna) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

Kesimpulan: $F_{ratio} = 12,66 \geq F_{tabel} (F_{(0,05;1;20)} = 4,35)$, maka H₀ ditolak artinya terdapat pengaruh faktor B (jenis zat pewarna) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

b. Faktor C (jenis bahan pengunci)

H₀: Tidak terdapat pengaruh faktor C (jenis bahan pengunci) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

H₁: Terdapat pengaruh faktor C (jenis bahan pengunci) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

Kesimpulan: $F \text{ ratio} = 18,23 \geq F \text{ tabel} (F_{(0,05;1;20)} = 4,35)$, maka H_0 ditolak artinya terdapat pengaruh faktor C (jenis bahan pengunci) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

c. Faktor F (waktu perendaman)

H_0 : Tidak terdapat pengaruh faktor F (waktu perendaman) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

H_1 : Terdapat pengaruh faktor F (waktu perendaman) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

Kesimpulan: $F \text{ ratio} = 10,25 \geq F \text{ tabel} (F_{(0,05;1;20)} = 4,35)$, maka H_0 ditolak artinya terdapat pengaruh faktor F (waktu perendaman) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

Berdasarkan hasil pengujian hipotesis diatas, dapat diketahui bahwa faktor B, C, dan F memiliki nilai $F \text{ ratio} \geq F \text{ tabel} (F_{(0,05;1;20)} = 4,35)$. Sehingga menunjukkan bahwa faktor B, C, dan F memberikan pengaruh terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

Mengacu pada perhitungan ulang terhadap *Analysis of Variance* dengan *pooling up* seperti pada Tabel 4.14, maka dapat diketahui bahwa faktor B (jenis zat pewarna), faktor C (jenis bahan pengunci), dan faktor F (waktu perendaman) memberikan pengaruh yang signifikan terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*). Faktor C (jenis bahan pengunci) memberikan pengaruh terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*) sebesar 28,18%, faktor B (jenis zat pewarna) memberikan pengaruh terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*) sebesar 19,07% dan faktor F (waktu perendaman) memberikan pengaruh terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*) sebesar 15,13%. Untuk faktor A (jenis kain), faktor D (rasio bahan pengunci), faktor E (waktu pencelupan) dan faktor G (jenis air) juga memberikan pengaruh terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*) namun pengaruhnya tidak begitu signifikan. Berikut merupakan hasil perhitungan ANOVA nilai rata-rata setelah di *pooling* yang ditunjukkan pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14

Analysis of Variance (ANOVA) Rata-Rata Setelah Pooling

Sumber	SS	DF	MS	F Ratio	SS'	Ratio %
B	4,17	1	4,17	12,66	3,84	19,07%
C	6,00	1	6,00	18,23	5,67	28,18%
D	3,38	1	3,38	10,25	3,05	15,13%
Pooled e	6,58	20	0,33	1	7,57	37,62%
SST	20,13	23				100%
Mean	315,38	1				
SStotal	335,50	24				

Menurut Belavendram (1995), apabila nilai % *ratio error* $\leq 50\%$ maka dapat diasumsikan tidak terdapat faktor penting yang dihilangkan dari eksperimen sedangkan jika nilai % *ratio error* $> 50\%$ maka diasumsikan terdapat faktor penting yang dihilangkan dari eksperimen sehingga terdapat kesalahan besar pada perhitungan. Dilihat dari nilai % *ratio pooled error* pada Tabel 4.15 yaitu 37,62% yang artinya $\leq 50\%$ maka diasumsikan tidak terdapat faktor penting yang dihilangkan dari eksperimen.

4.8.2.1.2 Perhitungan *Analysis of Variance (ANOVA)* Nilai *Signal Noise to Ratio (SNR)* untuk Data Variabel Tingkat Perubahan Warna (*Gray Scale*)

Jika pada perhitungan sebelumnya fokus perhitungan adalah nilai rata-rata data makan pada perhitungan *Signal Noise to Ratio (SNR)* ini akan berfokus pada nilai variansi data. Tujuan dilakukannya perhitungan nilai *Signal Noise to Ratio (SNR)* adalah untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi nilai variansi pada eksperimen ini. SNR yang digunakan pada penelitian ini adalah SNR – *Larger the Better* yang memiliki karakteristik semakin besar semakin baik. Berikut ini adalah langkah-langkah pengujian ANOVA *Signal Noise to Ratio (SNR)*.

1. Melakukan perhitungan *Signal Noise to Ratio (SNR)* masing-masing eksperimen

Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk eksperimen pertama pada *Signal Noise to Ratio (SNR)*.

$$\eta = -10\log_{10}(\text{MSD})$$

$$\text{MSD (Mean Square Deviation)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}$$

$$\eta = -10\log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right)$$

$$\eta = -10\log_{10} \left(\frac{1}{3} \times \left(\frac{1}{3^2} + \frac{1}{3^2} + \frac{1}{3,5^2} \right) \right) = 9,94$$

Perhitungan yang sama dilakukan sampai eksperimen kedelapan. Hasil dari perhitungan *Signal Noise to Ratio* (SNR) dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15

Hasil Perhitungan *Signal Noise to Ratio* Tingkat Perubahan Warna (*Gray Scale*)

Exp	Faktor							Replikasi			$\frac{1}{n}$	$\sum_{i=1}^n \frac{1}{yi^2}$	$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{yi^2}$	SNR (η)
	A	B	C	D	E	F	G	1	2	3				
1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3,5	0,33	0,30	0,10	9,94
2	1	1	1	2	2	2	2	4	4	5	0,33	0,17	0,06	12,60
3	1	2	2	1	1	2	2	3,5	3,5	4	0,33	0,23	0,08	11,23
4	1	2	2	2	2	1	1	4	4	4,5	0,33	0,17	0,06	12,36
5	2	1	2	1	2	1	2	4	4	3	0,33	0,24	0,08	11,04
6	2	1	2	2	1	2	1	5	5	5	0,33	0,12	0,04	13,98
7	2	2	1	1	2	2	1	3,5	3	2,5	0,33	0,35	0,12	9,30
8	2	2	1	2	1	1	2	2	2	2	0,33	0,75	0,25	6,02

2. Membuat tabel Respon *Signal Noise to Ratio* (SNR)

Berikut ini merupakan contoh perhitungan tabel respon.

$$\text{Faktor A level pertama } (\overline{A1}) = \frac{\sum \text{rata-rata level 1 pada faktor A}}{4}$$

$$\text{Faktor A level pertama } (\overline{A1}) = \frac{(9,94 + 12,60 + 11,23 + 12,36)}{4}$$

$$\text{Faktor A level pertama } (\overline{A1}) = 11,53$$

Perhitungan yang sama dilakukan hingga faktor G dengan level kedua pada tabel respon *Signal Noise to Ratio* (SNR). Hasil dari perhitungan ditunjukkan pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16

Tabel Respon *Signal Noise to Ratio* Tingkat Perubahan Warna (*Gray Scale*)

Tabel Respon Rata-Rata							
	A	B	C	D	E	F	G
Level 1	11,53	11,89	9,46	10,38	10,29	9,84	11,39
Level 2	10,08	9,73	12,15	11,24	11,32	11,78	10,22
Difference	1,45	2,16	2,69	0,86	1,03	1,94	1,17
Rank	4	2	1	7	6	3	5

Dari perhitungan pada tabel respon *Signal Noise to Ratio* diatas, didapatkan level mana untuk tiap-tiap faktor dengan nilai rata-rata tertinggi yaitu faktor C level 2 (jenis bahan pengunci HCL+nitrit), faktor B level 1 (jenis zat pewarna polkatif), faktor F level 2 (waktu perendaman 3 jam), faktor A level 1 (jenis kain katun), faktor G level 1 (jenis air sumur PDAM), faktor E level 2 (waktu pencelupan 3 kali) dan faktor D level 2 (rasio bahan pengunci 1:2). Hal tersebut dikarenakan pada penelitian ini menggunakan *Signal Noise to Ratio Larger the Better*.

3. Melakukan perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk *Signal Noise to Ratio* (SNR).

Berikut merupakan perhitungan ANOVA untuk *Signal Noise to Ratio* (SNR) sebelum dilakukan *pooling* faktor. Tabel 4.17 menunjukkan hasil perhitungan ANOVA sebelum di *pooled*.

Tabel 4.17

Analysis of Variance (ANOVA) Nilai SNR Tingkat Perubahan Warna (*Gray Scale*)

Sumber	SS	DF	MS	F Ratio	SS'	Ratio %
A	4,20	1	4,20	*	*	*
B	9,36	1	9,36	*	*	*
C	14,45	1	14,45	*	*	*
D	1,48	1	1,48	*	*	*
E	2,11	1	2,11	*	*	*
F	7,50	1	7,50	*	*	*
G	2,74	1	2,74	*	*	*
Error	0,00	16	0,00	*	*	*
SST	10,53	23				
Mean	41,84	1				
SStotal	934,60	24				

Berdasarkan tabel perhitungan ANOVA diatas maka dapat dilihat bahwa *degree of freedom* (derajat bebas) *error* memiliki nilai nol sehingga memiliki pengaruh yaitu tidak dapat menghitung nilai jumlah kuadrat *error* (*SSerror*) dan rata-rata kuadrat *error* (*MSerror*) yang mengakibatkan F-hitung juga tidak dapat dihitung karena nilai *MSerror* adalah nol maka dari itu perlu dilakukan *pooling up* beberapa faktor.

4. *Pooling up*

Pooling up dilakukan terhadap faktor-faktor yang mempunyai nilai jumlah kuadrat terkecil dari faktor yang tidak berpengaruh signifikan. Pada metode Taguchi menganjurkan prosedur penggabungan ini dilakukan sampai derajat bebas *error* mendekati setengah dari total derajat bebas pengamatan (Soejanto, 2009). Nilai *F ratio* terkecil dibandingkan dengan faktor yang lain yaitu faktor A, D, E, dan G. Berikut ini merupakan perhitungan *pooling up* untuk faktor A, D, E, dan G pada ANOVA SNR.

- a. Perhitungan nilai total *Sum of Square* atau Jumlah Kuadrat Total (*SStotal*)

$$SStotal = \sum y^2$$

$$SStotal = 9,94^2 + 12,60^2 + 11,23^2 + \dots + 6,02^2 = 976,44$$

- b. Perhitungan *Sum of Squares of the Mean* atau Jumlah Kuadrat karena rata-rata (*SSmean*)

$$SSmean = n \times \bar{y}^2$$

$$n = \text{jumlah eksperimen} = 8$$

$$\bar{y} = \frac{\text{Total nilai SNR}}{n}$$

$$= \frac{(9,94 + 12,60 + 11,23 + \dots + 6,02)}{8} = 10,81$$

$$SS_{mean} = 8 \times (10,81)^2 = 934,60$$

- c. Perhitungan Jumlah Kuadrat karena Faktor (SS_B , SS_C , SS_F)

Berikut ini adalah contoh perhitungan Jumlah Kuadrat karena Faktor B.

$$SS_B = \left((\overline{B1})^2 \times n1 \right) + \left((\overline{B2})^2 \times n2 \right) - SS_{mean}$$

$$SS_B = ((11,89)^2 \times 4) + ((9,73)^2 \times 4) - 934,60 = 9,36$$

Untuk perhitungan Jumlah Kuadrat karena Faktor pada faktor C dan F dilakukan dengan perhitungan yang sama.

- d. Perhitungan *Sum of Square (pooled e)*

$$SS \text{ (pooled e)} = SST - SS_B - SS_C - SS_F$$

Untuk perhitungan SST sebagai berikut.

$$SST = SS_{total} - SS_{mean}$$

$$SST = 976,44 - 934,60 = 41,84$$

Sehingga,

$$SS \text{ (pooled e)} = 41,84 - 9,36 - 14,45 - 7,50$$

$$SS \text{ (pooled e)} = 10,53$$

- e. Membuat tabel ANOVA untuk nilai SNR

- 1) Menentukan derajat kebebasan

Misal untuk faktor B:

$$DF_B = (\text{number of levels} - 1)$$

$$DF_B = (2 - 1) = 1$$

- 2) Menghitung derajat kebebasan total

$$DF_T = (\text{number of experiment} - 1)$$

$$DF_T = (8 - 1) = 7$$

- 3) Menghitung derajat kebebasan *pooled e*

$$DF_{(pooled e)} = DF_T - DF_B - DF_C - DF_F$$

$$DF_{(pooled e)} = 7 - 1 - 1 - 1 = 4$$

- 4) Menghitung Rata-Rata Jumlah Kuadrat atau *Mean Sum of Square (MS)*

Berikut ini adalah contoh perhitungan rata-rata Jumlah Kuadrat B.

$$MSB = \frac{SSB}{vB}$$

$$MSB = \frac{6,73}{1} = 6,73$$

Untuk perhitungan Rata-Rata Jumlah Kuadrat atau *Mean Sum of Square* pada faktor C dan F dilakukan dengan perhitungan yang sama.

Sedangkan, perhitungan untuk MS (*pooled e*) sebagai berikut.

$$MS (pooled e) = \frac{SS (pooled e)}{DF (pooled e)} = \frac{10,53}{4} = 2,63$$

5) Menghitung nilai F-Ratio - *Pooled*

Berikut ini adalah contoh perhitungan nilai (F-Ratio) B hasil *pooling faktor*.

$$F\text{-Ratio B} = \frac{MSB}{MS(pooled error)}$$

$$F\text{-Ratio B} = \frac{9,36}{2,63} = 3,55$$

Untuk perhitungan F-Ratio pada faktor C dan F dilakukan dengan perhitungan yang sama.

6) Menghitung nilai SS' pada masing-masing faktor – *Pooled*

Berikut ini adalah contoh perhitungan SSB'

$$SS' \text{ Faktor} = SS \text{ Faktor} - (DF \text{ Faktor} \times MS (pooled e))$$

$$SSB' = 9,36 - (1 \times 2,63) = 6,73$$

Untuk perhitungan SS' pada faktor C dan D dilakukan dengan perhitungan yang sama sedangkan untuk SS' (*pooled e*) sebagai berikut.

$$SS' (pooled e) = SST - SSB' - SSC' - SSF'$$

$$SS' (pooled e) = 41,84 - 6,73 - 11,82 - 4,87$$

$$SS' (pooled e) = 18,43$$

7) Menghitung *Percent Contribution (Rho%)* untuk masing-masing faktor

Berikut ini adalah contoh perhitungan *Rho%B*

$$Rho\% B = \frac{SS_B'}{SST} \times 100\%$$

$$Rho\% B = \frac{6,73}{41,84} \times 100\% = 16,08\%$$

Untuk perhitungan *Rho%* pada faktor C dan F dilakukan dengan perhitungan yang sama.

Berikut merupakan hasil perhitungan ANOVA nilai *Signal to Noise Ratio (SNR)* untuk data variabel setelah *pooling up* yang ditunjukkan pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18

Analysis of Variance (ANOVA) Nilai SNR Pooling Tingkat Perubahan Warna (Gray Scale)

Sumber	SS	DF	MS	F Ratio	SS'	Ratio %
B	9,36	1	9,36	3,55	6,73	16,08%
C	14,45	1	14,45	5,49	11,82	28,25%

Sumber	SS	DF	MS	F Ratio	SS'	Ratio %
F	7,50	1	7,50	2,85	4,87	11,63%
Pooled e	10,53	4	2,63	1,00	18,43	44,04%
SST	41,84	7				100%
Mean	934,60	1				
SStotal	976,44	24				

Berdasarkan hasil perhitungan ANOVA untuk nilai *Signal to Noise Ratio* dapat diketahui bahwa faktor yang paling berpengaruh dengan kontribusi besar adalah faktor C selanjutnya faktor B dan kontribusi terkecil yaitu faktor F. Dalam metode ini, SNR berguna untuk mengoptimalkan faktor yang mempengaruhi variansi kemudian pada perhitungan persentase kontribusi ditunjukkan bahwa persen kontribusi *pooled error* adalah sebesar 44,04% yang artinya tidak terdapat faktor berpengaruh signifikan yang hilang dari eksperimen dan berarti faktor-faktor penting dalam eksperimen tersebut dilibatkan dalam perancangan *robust design*.

4.8.2.1.3 Penentuan *Setting Level* Optimal Tingkat Perubahan Warna (*Gray Scale*)

Sehubungan dengan rekomendasi level yang optimal, terdapat dua tahap dalam meningkatkan karakteristik kualitas yaitu mengurangi variansi dan menyesuaikan target sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan (Belavendram, 1995). Tabel 4.19 merupakan tabel yang menunjukkan perbandingan pengaruh faktor-faktor dalam eksperimen Taguchi terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

Tabel 4.19

Perbandingan Pengaruh Faktor pada Eksperimen Taguchi untuk Tingkat Perubahan Warna (*Gray Scale*)

Faktor	Peringkat		Pengaruh	Setting Level
	Rata-Rata (\bar{y})	SNR (η)		
A	5	4	Berpengaruh dan kontribusi kecil	A1
B	2	2	Berpengaruh dan kontribusi besar	B1
C	1	1	Berpengaruh dan kontribusi besar	C2
D	4	7	Berpengaruh dan kontribusi kecil	D2
E	7	6	Berpengaruh dan kontribusi kecil	E2
F	3	3	Berpengaruh dan kontribusi besar	F2
G	6	5	Berpengaruh dan kontribusi kecil	G1

Perbandingan pengaruh faktor antara kondisi prediksi rata-rata dengan hasil perhitungan SNR menunjukkan perbandingan yang sama sehingga kombinasi level optimal yang dipilih yaitu faktor A level 1 (jenis kain katun), faktor B level 1 (jenis zat pewarna polkatif), faktor C level 2 (jenis bahan pengunci HCL + Nitrit), faktor D level 2 (rasio bahan pengunci 1:2), faktor E level 2 (waktu pencelupan 3 kali), faktor F level 2 (waktu perendaman 3 jam), dan faktor G level 1 (jenis air sumur PDAM).

4.8.2.1.4 Perkiraan Kondisi Optimal dan Interval Kepercayaan Nilai Tingkat Perubahan Warna (*Gray Scale*)

Setelah mengetahui *setting* level optimal adalah membuat perkiraan terhadap kondisi optimal. Perkiraan ini dilakukan dengan cara membandingkan nilai prediksi terhadap nilai rata-rata proses dan *Signal Noise to Ratio* (SNR) proses yang diharapkan mencapai level optimal dengan menggunakan hasil eksperimen. Jika nilai prediksi dan hasil eksperimen memiliki nilai yang hampir sama atau mendekati maka dapat disimpulkan bahwa rancangan eksperimen Taguchi yang dilaksanakan sudah memenuhi syarat eksperimen Taguchi. Sedangkan untuk perhitungan interval kepercayaan memiliki tujuan untuk mengetahui perkiraan level faktor optimal yang didapatkan. Interval kepercayaan adalah nilai maksimum dan minimum dimana diharapkan nilai rata-rata sebenarnya akan tercaakup dengan beberapa persentase kepercayaan tertentu.

Berdasarkan hasil perhitungan ANOVA untuk variabel, faktor yang berpengaruh dan berkontribusi besar terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna yaitu B1 (jenis warna polkatif), C2 (jenis bahan pengunci HCL + Nitrit) dan F2 (waktu perendaman 3 jam). Berikut ini adalah perhitungan perkiraan kondisi optimal dan interval kepercayaan.

1. Perkiraan kondisi optimal dan interval kepercayaan untuk nilai rata-rata seluruh data.

a. Perkiraan kondisi optimal untuk nilai rata-rata seluruh data

Nilai rata-rata seluruh data (\bar{y}) = 3,63

b. Perhitungan nilai prediksi rata-rata

$\mu_{predicted}$ = Estimasi rata-rata proses pada kondisi optimal

$$\mu_{predicted} = \bar{y} + (\text{faktor terpilih 1} - \bar{y}) + \dots + (\text{faktor terpilih n} - \bar{y})$$

$$\mu_{predicted} = \bar{y} + (B1 - \bar{y}) + (C2 - \bar{y}) + (F2 - \bar{y})$$

$$\mu_{predicted} = 3,63 + (4,04 - 3,63) + (4,13 - 3,63) + (4,00 - 3,63)$$

$$\mu_{predicted} = 14,20$$

c. Perhitungan interval kepercayaan nilai rata-rata

$$CI_{mean} = \pm \sqrt{(F_{(\alpha, v1, v2)} \times MS_{pooled} \times \frac{1}{n_{eff}})}$$

Sedangkan cara untuk mendapatkan nilai n_{eff} sebagai berikut.

$$n_{eff} = \frac{\text{total number of experiments}}{\text{sum of degree of freedom used in estimate of mean}}$$

$$n_{eff} = \frac{8 \times 3}{V_{\mu} + V_B + V_C + V_F}$$

$$n_{eff} = \frac{24}{1 + 1 + 1 + 1} = 6$$

Maka perhitungan interval kepercayaan nilai rata-rata sebagai berikut.

$$Cl_{mean} = \pm \sqrt{(F_{(\alpha, v1, v2)} \times MS_{pooled} \times \frac{1}{n_{eff}})}$$

$$Cl_{mean} = \pm \sqrt{(F_{(0,05,1,20)} \times 0,33 \times \frac{1}{6})}$$

$$Cl_{mean} = \pm \sqrt{(4,35 \times 0,33 \times 0,1670)}$$

$$Cl_{mean} = \pm 0,49$$

Maka interval kepercayaan nilai rata-rata untuk proses optimal yaitu:

$$\mu_{predicted} - Cl_{mean} \leq \mu_{predicted} \leq \mu_{predicted} + Cl_{mean}$$

$$4,92 - 0,49 \leq \mu_{predicted} \leq 4,92 + 0,49$$

$$4,43 \leq \mu_{predicted} \leq 5,41$$

Berdasarkan hasil perhitungan prediksi kondisi optimum diperoleh nilai $\mu_{predicted}$ sebesar 4,92 maka didapatkan rentang interval kepercayaan yaitu $4,43 \leq \mu_{predicted} \leq 5,41$ yang memiliki arti bahwa pengukuran uji kelunturan batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*) berada pada batas rentang pengukuran uji ketahanan luntur baik terhadap pencucian yang optimal.

2. Perkiraan kondisi optimal dan interval kepercayaan untuk nilai *Signal Noise to Ratio* (SNR) seluruh data eksperimen Taguchi.

- a. Perkiraan kondisi optimal untuk *Signal Noise to Ratio* (SNR) seluruh data

Nilai SNR seluruh data ($\bar{\eta}$) = 10,81

- b. Perhitungan nilai prediksi *Signal Noise to Ratio* (SNR)

$\mu_{predicted}$ = Estimasi rata-rata proses pada kondisi optimal

$$\mu_{predicted} = \bar{\eta} + (\text{faktor terpilih 1} - \bar{\eta}) + \dots + (\text{faktor terpilih n} - \bar{\eta})$$

$$\mu_{predicted} = \bar{\eta} + (B1 - \bar{\eta}) + (C2 - \bar{\eta}) + (F2 - \bar{\eta})$$

$$\mu_{predicted} = 10,81 + (11,89 - 10,81) + (12,15 - 10,81) + (11,78 - 10,81)$$

$$\mu_{predicted} = 14,20$$

- c. Perhitungan interval kepercayaan nilai *Signal Noise to Ratio* (SNR)

$$Cl_{SNR} = \pm \sqrt{(F_{(\alpha, v1, v2)} \times MS_{pooled} \times \frac{1}{n_{eff}})}$$

Sedangkan cara untuk *mendapatkan* nilai n_{eff} sebagai berikut.

$$n_{eff} = \frac{\text{total number of experiments}}{\text{sum of degree of freedom used in estimate of mean}}$$

$$n_{eff} = \frac{8}{V_{\mu} + V_B + V_C + V_F}$$

$$neff = \frac{8}{1+1+1+1} = 2$$

Maka perhitungan interval kepercayaan nilai *Signal Noise to Ratio* (SNR) sebagai berikut.

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{(F_{(\alpha, v1, v2)} \times MS_{pooled} \times \frac{1}{neff})}$$

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{(F_{(0,05,1,4)} \times 2,63 \times \frac{1}{2})}$$

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{(7,71 \times 2,63 \times 0,5)}$$

$$CI_{SNR} = \pm 3,19$$

Maka interval kepercayaan nilai *Signal Noise to Ratio* (SNR) untuk proses optimal yaitu:

$$\mu_{predicted} - CI_{mean} \leq \mu_{predicted} \leq \mu_{predicted} + CI_{mean}$$

$$13,66 - 3,19 \leq \mu_{predicted} \leq 13,66 + 3,19$$

$$10,48 \leq \mu_{predicted} \leq 16,85$$

Berdasarkan hasil perhitungan prediksi kondisi optimum diperoleh nilai $\mu_{predicted}$ sebesar 13,66 maka didapatkan rentang interval kepercayaan yaitu $10,48 \leq \mu_{predicted} \leq 16,85$. Apabila nilai eksperimen konfirmasi berada pada batas rentang penilaian tersebut maka eksperimen Taguchi dapat diterima.

4.8.2.1.5 Eksperimen Konfirmasi Tingkat Perubahan Warna (*Gray Scale*)

Eksperimen konfirmasi bertujuan untuk memvalidasi *setting* level optimal yang telah ditentukan sebelumnya. Untuk faktor-faktor yang mempunyai kontribusi kecil terhadap kualitas ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian tetap akan diaplikasikan pada eksperimen ini dengan mengambil level yang terbaik.

Eksperimen konfirmasi dilakukan dengan menggunakan *setting* level optimal yang sudah didapatkan sebelumnya yaitu faktor A level 1 (jenis kain katun), faktor B level 1 (jenis zat pewarna polkatif), faktor C level 2 (jenis bahan pengunci HCL + Nitrit), faktor D level 2 (rasio bahan pengunci 1:2), faktor E level 2 (waktu pencelupan 3 kali), faktor F level 2 (waktu perendaman 3 jam), dan faktor G level 1 (jenis air sumur PDAM). Data hasil eksperimen konfirmasi sebanyak 10 sampel kain batik cap dengan level faktor optimal untuk tingkat perubahan warna (*gray scale*) dijelaskan pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20

Data Hasil Eksperimen Konfirmasi untuk Tingkat Perubahan Warna (*Gray Scale*)

Eksperimen	Hasil Eksperimen
1	4
2	4,5
3	5
4	5
5	5
6	4,5
7	4,5
8	5
9	4
10	4

Selanjutnya dilakukan perhitungan rata-rata dan variansinya. Berikut ini merupakan perhitungan nilai rata-rata dan variansi serta perhitungan interval kepercayaan nilai rata-rata dan nilai SNR dari kualitas ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*) pada eksperimen konfirmasi.

1. Perhitungan nilai rata-rata serta variansi dan ditransformasikan ke dalam SNR

a. Perhitungan nilai rata-rata

$$\begin{aligned}\mu &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \\ &= \frac{1}{10} (4+4,5+\dots+4) \\ &= 4,55\end{aligned}$$

b. Perhitungan variansi

$$\begin{aligned}\sigma^2 &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2 \\ &= \frac{1}{10} \sum_{i=1}^n (4-4,55)^2 + (4,5-4,55)^2 + \dots + (4-4,55)^2 \\ &= 0,17\end{aligned}$$

c. Nilai perhitungan SNR *Larger the Better*

1) Perhitungan MSD SNR *Larger the Better*

$$\begin{aligned}&= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \\ &= \frac{1}{10} \times \left(\frac{1}{4^2} + \frac{1}{4,5^2} + \dots + \frac{1}{4^2} \right) \\ &= 0,05\end{aligned}$$

2) Perhitungan SNR *Larger the Better*

$$\eta = -10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right]$$

$$\eta = -10 \log_{10} [0,05] = 13,05$$

2. Perhitungan interval kepercayaan eksperimen konfirmasi

Seperti pada kondisi optimal, tujuan dilakukannya perhitungan interval kepercayaan eksperimen konfirmasi yaitu untuk membuat suatu perkiraan dari level-level faktor. Interval kepercayaan sendiri dibandingkan antara interval kepercayaan optimal dengan interval kepercayaan konfirmasi untuk menggambarkan apakah percobaan ini diterima atau ditolak. Hal ini dapat dilakukan dengan membandingkan dalam bentuk grafik. Berikut ini merupakan perhitungan interval kepercayaan dari eksperimen konfirmasi untuk nilai rata-rata ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*).

a. Interval kepercayaan eksperimen konfirmasi untuk nilai rata-rata tingkat perubahan warna (*gray scale*)

$$Cl_{mean} = \pm \sqrt{F_{(\alpha, v1, v2)} \times MS_{(pooled \epsilon)} \times \left[\frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right]}$$

$$Cl_{mean} = \pm \sqrt{(F_{(0,05,1,20)} \times 0,33 \times \left[\frac{1}{6} + \frac{1}{10} \right])}$$

$$Cl_{mean} = \pm \sqrt{4,55 \times 0,25 \times \left[\frac{1}{6} + \frac{1}{10} \right]}$$

$$Cl_{mean} = \pm 0,62$$

Sehingga interval kepercayaan untuk nilai rata-rata eksperimen konfirmasi tingkat perubahan warna (*gray scale*) adalah

$$\mu_{confirmation} - Cl_{mean} \leq \mu_{confirmation} \leq \mu_{confirmation} + Cl_{mean}$$

$$4,55 - 0,62 \leq \mu_{confirmation} \leq 4,55 + 0,62$$

$$3,93 \leq \mu_{confirmation} \leq 5,17$$

Berdasarkan hasil perhitungan prediksi kondisi optimum diperoleh nilai $\mu_{confirmation}$ sebesar 4,55 maka didapatkan rentang interval kepercayaan yaitu $3,93 \leq \mu_{confirmation} \leq 5,17$ yang memiliki arti bahwa pengukuran uji kelunturan batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*) berada pada batas rentang pengukuran uji ketahanan luntur baik terhadap pencucian yang optimal.

b. Interval kepercayaan eksperimen konfirmasi untuk *Signal Noise to Ratio* (SNR)

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{F_{(\alpha, v1, v2)} \times MS_{(pooled\ e)} \times [\frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r}]}$$

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{(F_{(0,05,1,4)} \times 2,63 \times [\frac{1}{2} + \frac{1}{10}])}$$

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{7,71 \times 2,63 \times [\frac{1}{2} + \frac{1}{10}]}$$

$$CI_{SNR} = \pm 3,49$$

Maka interval kepercayaan eksperimen konfirmasi untuk *Signal Noise to Ratio* (SNR) adalah:

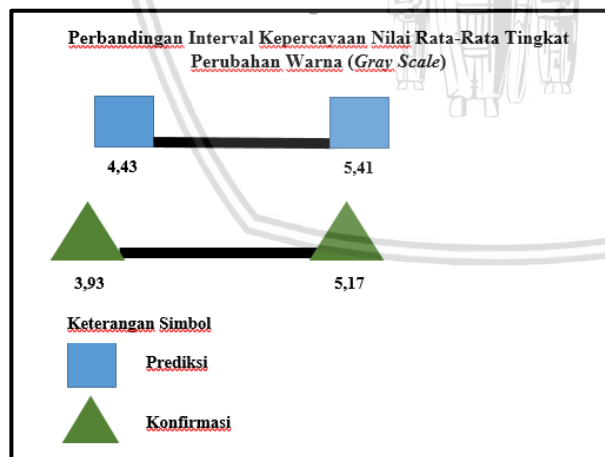
$$\mu_{confirmation} - CI_{SNR} \leq \mu_{confirmation} \leq \mu_{confirmation} + CI_{SNR}$$

$$13,05 - 3,49 \leq \mu_{confirmation} \leq 13,05 + 3,49$$

$$10,17 \leq \mu_{confirmation} \leq 17,15$$

Berdasarkan hasil perhitungan prediksi kondisi optimum diperoleh nilai $\mu_{confirmation}$ sebesar 13,05 maka didapatkan rentang interval kepercayaan yaitu $10,17 \leq \mu_{confirmation} \leq 17,15$. Apabila nilai eksperimen konfirmasi berada pada batas rentang penilaian tersebut maka eksperimen Taguchi dapat diterima.

3. Membandingkan interval kepercayaan kondisi optimal dan eksperimen konfirmasi
 - a. Membandingkan interval kepercayaan kondisi optimal dan eksperimen konfirmasi untuk nilai rata-rata



Gambar 4.2 Perbandingan interval kepercayaan prediksi dan eksperimen konfirmasi pada nilai rata-rata tingkat perubahan warna (*gray scale*)

Berdasarkan Gambar 4.2 dapat disimpulkan bahwa eksperimen diterima dikarenakan hasil interval kepercayaan nilai rata-rata untuk tingkat perubahan warna (*gray scale*) eksperimen konfirmasi beririsan terhadap prediksi.

- b. Membandingkan interval kepercayaan kondisi optimal dan eksperimen konfirmasi untuk nilai *Signal Noise to Ratio* (SNR)



Gambar 4.3 Perbandingan interval kepercayaan prediksi dan eksperimen konfirmasi pada nilai SNR tingkat perubahan warna (*gray scale*)

Berdasarkan Gambar 4.3 dapat disimpulkan bahwa eksperimen diterima dikarenakan hasil interval kepercayaan nilai rata-rata untuk tingkat perubahan warna (*gray scale*) eksperimen konfirmasi beririsan terhadap prediksi.

Artinya *setting level optimal* eksperimen Taguhci telah valid sehingga hasil eksperimen dapat digunakan oleh CV. Subur Makmur sebagai acuan dalam pembuatan batik cap untuk meningkatkan kualitas ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian untuk parameter tingkat perubahan warna (*gray scale*).

4.8.2.2 Pengolahan Data Eksperimen Taguchi Tingkat Penodaan Warna (*Staining Scale*)

Data kedua yang akan diolah dengan metode Taguchi adalah tingkat perubahan warna terhadap pencucian. Melalui perhitungan tabel respon, ANOVA dan *Signal Noise to Ratio* nantinya didapatkan *setting level optimal*.

4.8.2.2.1 Perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA) Nilai Rata-Rata untuk Data Variabel Tingkat Penodaan Warna (*Staining Scale*)

Analysis of Variance (ANOVA) data variabel merupakan jenis yang digunakan pada metode Taguchi, hal ini bertujuan untuk mengetahui kontribusi faktor. Sehingga dapat diperoleh faktor-faktor yang dapat mempengaruhi nilai respon. Pada tahap pencarian *setting level optimal* dapat menggunakan metode *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk meminimasi terjadinya penyimpangan variasi. Langkah perhitungan pada *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk data variabel adalah sebagai berikut.

1. Melakukan pengolahan data rata-rata tingkat penodaan warna terhadap pencucian hasil eksperimen seperti pada Tabel 4.21 berikut ini.

Tabel 4.21

Perhitungan Rata-Rata Tingkat Penodaan Warna (*Staining Scale*)

Eksperimen	Faktor							Tingkat Penodaan Warna (<i>Staining Scale</i>)			
	A	B	C	D	E	F	G	Rep I	Rep II	Rep III	Rata-Rata
1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3,5	3,17
2	1	1	1	2	2	2	2	4	4	5	4,33
3	1	2	2	1	1	2	2	3,5	3,5	4	3,67
4	1	2	2	2	2	1	1	4	3,5	4,5	4,00
5	2	1	2	1	2	1	2	4	4	3,5	3,83
6	2	1	2	2	1	2	1	5	5	5	5,00
7	2	2	1	1	2	2	1	3,5	3	2,5	3,00
8	2	2	1	2	1	1	2	2	2	2	2,00

Setelah didapatkan nilai rata-rata perubahan warna terhadap pencucian seperti pada tabel diatas, selanjutnya adalah tabel respon eksperimen.

2. Membuat tabel respon

Berikut ini merupakan contoh perhitungan tabel respon.

$$\text{Faktor A level pertama } (\overline{A1}) = \frac{\sum \text{rata-rata level 1 pada faktor A}}{4}$$

$$\text{Faktor A level pertama } (\overline{A1}) = \frac{(3,17 + 4,33 + 3,67 + 4,00)}{4}$$

$$\text{Faktor A level pertama } (\overline{A1}) = 3,79$$

Perhitungan dilakukan hingga faktor G dengan level kedua. Lalu dicari selisih antara nilai level pertama dan level kedua pada tiap faktornya, setelah itu didapatkan nilai selisih (*difference*), langkah selanjutnya adalah mengurutkan nilai *difference* dari yang terkecil ke yang terbesar. Dikarenakan karakteristik kualitas yang digunakan adalah *larger the better* (semakin besar semakin baik) sehingga pada tiap faktornya dipilih level mana yang memiliki nilai lebih besar. Tabel 4.22 menunjukkan hasil dari perhitungan tabel respon.

Tabel 4.22

Tabel Respon Rata-Rata Tingkat Penodaan Warna (*Staining Scale*)

Tabel Respon Rata-Rata							
	A	B	C	D	E	F	G
Level 1	3,83	4,04	3,13	3,38	3,46	3,25	3,83
Level 2	3,42	3,21	4,13	3,88	3,79	4,00	3,42
Difference	0,42	0,83	1,00	0,50	0,33	0,75	0,42
Rank	5	2	1	4	7	3	6

Dari perhitungan pada tabel respon diatas, didapatkan level mana untuk tiap-tiap faktor dengan nilai rata-rata tertinggi yaitu faktor C level 2 (jenis bahan pengunci HCL+nitrit), faktor B level 1 (jenis zat pewarna polkatif), faktor F level 2 (waktu perendaman 3 jam), D level 2 (rasio bahan pengunci 1:2), faktor A level 1 (jenis kain katun), faktor G level 1 (jenis air sumur PDAM), dan faktor E level 2 (waktu pencelupan 3 kali). Hal tersebut dikarenakan pada penelitian ini menggunakan *Signal Noise to Ratio Larger the Better*.

3. Melakukan perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk nilai rata-rata

- a. Dalam melakukan perhitungan *Analysis of Variance*, yang pertama kali dilakukan adalah menentukan hipotesis penelitian yaitu sebagai berikut.

1) Faktor A (jenis kain)

H₀: Tidak terdapat pengaruh faktor A (jenis kain) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

H₁: Terdapat pengaruh faktor A (jenis kain) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

2) Faktor B (jenis zat pewarna)

H₀: Tidak terdapat pengaruh faktor B (jenis zat pewarna) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

H₁: Terdapat pengaruh faktor B (jenis zat pewarna) terhadap ketahanan luntur warna batik terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

3) Faktor C (jenis bahan pengunci)

H₀: Tidak terdapat pengaruh faktor C (jenis bahan pengunci) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

H₁: Terdapat pengaruh faktor C (jenis bahan pengunci) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

4) Faktor D (rasio bahan pengunci)

H₀: Tidak terdapat pengaruh faktor D (rasio bahan pengunci) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

H₁: Terdapat pengaruh faktor D (rasio bahan pengunci) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

5) Faktor E (waktu pencelupan)

H₀: Tidak terdapat pengaruh faktor E (waktu pencelupan) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

H₁: Terdapat pengaruh faktor E (waktu pencelupan) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

6) Faktor F (waktu perendaman)

H₀: Tidak terdapat pengaruh faktor F (waktu perendaman) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

H₁: Terdapat pengaruh faktor F (waktu perendaman) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

7) Faktor G (jenis air)

H₀: Tidak terdapat pengaruh faktor G (jenis air) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

H₁: Terdapat pengaruh faktor G (jenis air) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

Kriteria penerimaan H₀ ketika nilai dari $F \text{ Ratio} < F \text{ tabel}$, sedangkan kriteria penolakan H₀ yaitu jika $F \text{ Ratio} > F \text{ tabel}$

b. Perhitungan Jumlah Kuadrat Total atau *Sum of Squares* (SSTotal)

$$SSTotal = \sum y^2$$

$$SSTotal = (3^2 + 3^2 + 3,5^2 + \dots + 2^2)$$

$$SSTotal = 335,50$$

c. Perhitungan Jumlah Rata-Rata Kuadrat atau *Sum of Squares of the Mean* (SSmean)

1) Total tingkat penodaan warna keseluruhan

$$= 3 + 3 + 3,5 + \dots + 2$$

$$= 87$$

n = jumlah eksperimen x jumlah replikasi

$$n = 8 \times 3 = 24$$

Rata-rata tingkat perubahan warna seluruhnya (\bar{y})

$$= \frac{\text{Total tingkat perubahan warna}}{n} = \frac{87}{24} = 3,6$$

- 2) Setelah dilakukan perhitungan tingkat penodaan warna maka dilakukan perhitungan Jumlah Rata-Rata Kuadrat atau *Sum of Squares of the Mean*.

$$SS_{mean} = n \times \bar{y}^2$$

$$SS_{mean} = 24 \times 3,63^2 = 315,38$$

- d. Perhitungan Jumlah Kuadrat karena Faktor ($SS_A, SS_B, SS_C, SS_D, SS_E, SS_F, SS_G$)

Berikut ini adalah contoh perhitungan Jumlah Kuadrat karena Faktor A

$$SS_A = ((\bar{A1})^2 \times n1) + ((\bar{A2})^2 \times n2) - SS_{mean}$$

$$SS_A = ((3,79)^2 \times 12) + ((3,46)^2 \times 12) - 315,38 = 0,67$$

Untuk perhitungan Jumlah Kuadrat karena Faktor pada faktor B, C, D, E, F, G dan *error* dilakukan dengan perhitungan yang sama.

- e. Perhitungan Jumlah Kuadrat karena *Error* atau *The Error Sum of Squares*

$$SSE = SST - SS_{mean} - SS_A - SS_B - SS_C - SS_D - SS_E - SS_F - SS_G$$

$$SSE = 335,00 - 315,38 - 0,67 - 5,04 - 6,00 - 1,04 - 0,67 - 3,38 - 0,67$$

$$SSE = 2,17$$

- f. Membuat tabel ANOVA untuk nilai rata-rata

- 1) Menghitung Derajat Kebebasan untuk masing-masing faktor

$$DF_A = (\text{number of level} - 1)$$

$$= (2 - 1) = 1$$

- 2) Menghitung Derajat Kebebasan Total

$$DF_T = (\text{number of experiment} - 1)$$

$$DF_T = (24 - 1) = 23$$

Sedangkan untuk menghitung Derajat Kebebasan *Error* sebagai berikut.

$$DF_e = DF_T - (DF_A + DF_B + DF_C + DF_D + DF_E + DF_F + DF_G)$$

$$DF_e = 23 - (1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1)$$

$$DF_e = 16$$

- 3) Menghitung Rata-Rata Jumlah Kuadrat atau *Mean Sum of Square (MS)*

Berikut ini adalah contoh perhitungan rata-rata Jumlah Kuadrat A

$$MSA = \frac{SSA}{v_A}$$

$$MSA = \frac{0,67}{1} = 0,67$$

Untuk perhitungan Rata-Rata Jumlah Kuadrat atau *Mean Sum of Square* pada faktor B, C, D, E, F, G dan *error* dilakukan dengan perhitungan yang sama.

4) Menghitung nilai *F-Ratio*

Berikut ini adalah contoh perhitungan nilai (*F-Ratio*) untuk faktor A.

$$F\text{-Ratio } A = \frac{MSA}{MSE_{Error}}$$

$$F\text{-Ratio } A = \frac{0,67}{0,14} = 4,92$$

Untuk perhitungan *F-Ratio* pada faktor B, C, D, E, F, G dan *error* dilakukan dengan perhitungan yang sama.

5) Menghitung nilai *SS'* pada masing-masing faktor

Berikut ini adalah contoh perhitungan *SSA'*

$$SS' \text{ Faktor} = SS \text{ Faktor} - (DF \text{ Faktor} \times MS \text{ Error})$$

$$SSA' = 0,67 - (1 \times 0,14) = 0,53$$

Untuk perhitungan *SS'* pada faktor B, C, D, E, F, G dilakukan dengan perhitungan yang sama sedangkan untuk *SSe'* adalah sebagai berikut.

$$SSe' = SST_{Total} - SS_{mean} - SSA' - SSB' - SSC' - SSD' - SSE' - SSF' - SSG'$$

$$SSe' = 335,00 - 315,38 - 0,53 - 4,91 - 5,86 - 0,91 - 0,53 - 3,24 - 0,53$$

$$SSe' = 3,11$$

6) Menghitung *Percent Contribution (Rho%)* untuk masing-masing faktor

Berikut ini adalah contoh perhitungan *Rho% A*

$$Rho\% A = \frac{SSA'}{SST} \times 100\%$$

$$Rho\% A = \frac{0,53}{19,63} \times 100\% = 2,71\%$$

Untuk perhitungan *Rho%* pada faktor B, C, D, E, F, G dan *error* dilakukan dengan perhitungan yang sama.

4. Tabel *Analysis of Variance (ANOVA)* nilai rata-rata

Hasil perhitungan ANOVA untuk nilai rata-rata tingkat penodaan warna terhadap pencucian ditunjukkan pada Tabel 4.23.

Tabel 4.23

Analysis of Variance (ANOVA) Nilai Rata-Rata Tingkat Penodaan Warna (Staining Scale)

Sumber	SS	DF	MS	F Ratio	SS'	Ratio %	F Tabel ($F_{0,05;1;16}$)
A	0,67	1	0,67	4,92	0,53	2,71%	4,49
B	5,04	1	5,04	37,23	4,91	25,00%	4,49
C	6,00	1	6,00	44,31	5,86	29,88%	4,49
D	1,04	1	1,04	7,69	0,91	4,62%	4,49
E	0,67	1	0,67	4,92	0,53	2,71%	4,49
F	3,38	1	3,38	24,92	3,24	16,51%	4,49
G	0,67	1	0,67	4,92	0,53	2,71%	4,49
Error	2,17	16	0,14	1,00	3,11	15,87%	

Sumber	SS	DF	MS	F Ratio	SS'	Ratio %	F Tabel ($F_{0,05;1;16}$)
SST	19,63	23			19,63	100,00%	
Mean	315,38	1					
SStotal	335,00	24					

Setelah didapatkan nilai-nilai pada tabel ANOVA, selanjutnya dilakukan pengujian hipotesis. Kemudian dapat ditarik kesimpulan berdasarkan tabel ANOVA diatas sebagai berikut.

a. Faktor A (jenis kain)

H_0 : Tidak terdapat pengaruh faktor A (jenis kain) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

H_1 : Terdapat pengaruh faktor A (jenis kain) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

Kesimpulan: $F_{ratio} = 4,92 \geq F_{tabel} (F_{(0,05;1;16)} = 4,49)$, maka H_0 ditolak artinya terdapat pengaruh faktor A (jenis kain) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

b. Faktor B (jenis zat pewarna)

H_0 : Tidak terdapat pengaruh faktor B (jenis zat pewarna) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

H_1 : Terdapat pengaruh faktor B (jenis zat pewarna) terhadap ketahanan luntur warna batik terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

Kesimpulan: $F_{ratio} = 37,23 \geq F_{tabel} (F_{(0,05;1;16)} = 4,49)$, maka H_0 ditolak artinya terdapat pengaruh faktor B (jenis zat pewarna) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

c. Faktor C (jenis bahan pengunci)

H_0 : Tidak terdapat pengaruh faktor C (jenis bahan pengunci) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

H_1 : Terdapat pengaruh faktor C (jenis bahan pengunci) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

Kesimpulan: $F \text{ ratio} = 44,31 \geq F \text{ tabel} (F_{(0,05;1;16)} = 4,49)$, maka H_0 ditolak artinya terdapat pengaruh faktor C (jenis bahan pengunci) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

d. Faktor D (rasio bahan pengunci)

H_0 : Tidak terdapat pengaruh faktor D (rasio bahan pengunci) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

H_1 : Terdapat pengaruh faktor D (rasio bahan pengunci) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

Kesimpulan: $F \text{ ratio} = 7,69 \geq F \text{ tabel} (F_{(0,05;1;16)} = 4,49)$, maka H_0 ditolak artinya terdapat pengaruh faktor D (rasio bahan pengunci) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

e. Faktor E (waktu pencelupan)

H_0 : Tidak terdapat pengaruh faktor E (waktu pencelupan) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

H_1 : Terdapat pengaruh faktor E (waktu pencelupan) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

Kesimpulan: $F \text{ ratio} = 4,92 \geq F \text{ tabel} (F_{(0,05;1;16)} = 4,49)$, maka H_0 ditolak artinya terdapat pengaruh E (waktu pencelupan) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

f. Faktor F (waktu perendaman)

H_0 : Tidak terdapat pengaruh faktor F (waktu perendaman) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

H_1 : Terdapat pengaruh faktor F (waktu perendaman) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

Kesimpulan: $F \text{ ratio} = 24,92 \geq F \text{ tabel} (F_{(0,05;1;16)} = 4,49)$, maka H_0 ditolak artinya terdapat pengaruh faktor F (waktu perendaman) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

g. Faktor G (jenis air)

H_0 : Tidak terdapat pengaruh faktor G (jenis air) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

H_1 : Terdapat pengaruh faktor G (jenis air) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

Kesimpulan: $F \text{ ratio} = 4,92 \geq F \text{ tabel} (F_{(0,05;1;16)} = 4,49)$, maka H_0 ditolak artinya terdapat pengaruh G (jenis air) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

Berdasarkan hipotesis diatas, dapat diketahui bahwa seluruh faktor memiliki nilai $F \text{ Ratio} \geq F \text{ tabel} (F_{(0,05;1;16)} = 4,49)$, maka H_0 ditolak yang artinya bahwa seluruh faktor memberikan pengaruh terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*). Jika dilihat seberapa besar pengaruh masing-masing faktor ditunjukkan dari persen kontribusi ($Rho\%$) diketahui bahwa faktor C (jenis bahan pengunci) dengan jumlah persen kontribusi sebesar 29,88% merupakan penyumbang persen kontribusi faktor terbesar diantara enam faktor lainnya. Selanjutnya untuk faktor dengan urutan persen kontribusi terbesar ke terkecil adalah faktor B (jenis zat pewarna) dengan nilai 25,00%, faktor F (waktu perendaman) dengan nilai 16,51%, faktor D (rasio bahan pengunci) dengan nilai 4,62%, dan yang memberikan pengaruh paling kecil yaitu faktor A (jenis kain), faktor E (waktu pencucian), dan faktor G (jenis air) dengan nilai 2,71%.

Persen kontribusi ($Rho\%$) merupakan gambaran sesungguhnya dalam persentase berdasarkan jumlah kuadrat suatu sumber terhadap jumlah kuadrat (Soejanto, 2009). Pada Tabel 4.23 diketahui bahwa $Rho\% \text{ error}$ memiliki nilai 15,87% dari jumlah kuadrat total maka dari itu dapat pula diketahui total persen kontribusi seluruh faktor sebesar 100%.

5. *Pooling up*

Tahap *pooling up* bertujuan untuk menghindari kesalahan (*error*) berlebih dalam penelitian. Berdasarkan analisis tabel ANOVA, diketahui bahwa semua faktor memberikan pengaruh yang signifikan dibuat dengan nilai $F \text{ ratio}$ yang lebih besar jika dibandingkan dengan $F \text{ tabel} (F_{(0,05;1;16)} = 4,49)$, namun tidak semua faktor memberikan persentase pengaruh yang sama besar yaitu dilihat berdasarkan nilai % rasio yang berbeda-beda. Dalam *pooling up* disarankan untuk menggunakan setengah derajat kebebasan dari matriks *orthogonal* yang digunakan dalam eksperimen (Belavendram, 1995), maka diperlukan 3 pengaruh utama untuk perkiraan dikarenakan eksperimen ini

menggunakan matriks *orthogonal* L_8 (2⁷). Maka dari itu perlu dilakukan *pooling* terhadap 4 faktor dengan *F ratio* terkecil dalam *error*. Nilai *F ratio* yang terkecil adalah faktor A, faktor E, dan faktor G yaitu 4,92 yang mana faktor A, E dan faktor G hanya memberikan pengaruh terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*) adalah sebesar 2,71%, dan faktor D yaitu 7,69 yang mana faktor D hanya memberikan pengaruh terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*) adalah sebesar 4,62%. Pada awalnya *pooling* dilakukan pada varian terkecil dengan memberikan tanda Y pada kolom *pooled* yang artinya sumber tersebut telah di *pool* ke dalam *pooled e* (*pooled error*). Berikut ini perhitungan *pooling up* untuk faktor A, D, faktor E, faktor G.

a. $SS (pooled e) = Se + SS_A + SS_D + SS_E + SS_G$

$$SS (pooled e) = 2,17 + 0,67 + 1,04 + 0,67 + 0,67 = 5,21$$

b. $DF (pooled e) = DF_e + DF_A + DF_D + DF_E + DF_G$

$$DF (pooled e) = 16 + 1 + 1 + 1 + 1 = 20$$

c. $MS_{pooled e} = \frac{SS_{pooled e}}{DF_{pooled e}}$

$$MS_{pooled e} = \frac{5,21}{20} = 0,26$$

d. $F \text{ Rasio } B = \frac{MS_B}{MS_{pooled e}}$

$$F \text{ Rasio } B = \frac{5,04}{0,26} = 19,36$$

e. $SSB' = SSB - (DF_B \times MS_{pooled e})$

$$SSB' = 5,04 - (1 \times 0,26) = 4,78$$

$$SS_{pooled e'} = SST - (SSB' + SSC' + SSF')$$

$$SS_{pooled e'} = 20,13 - (4,78 + 5,74 + 3,11) = 8,32$$

f. $Rho\% B = \frac{SSB'}{SSt} \times 100\%$

$$Rho\% B = \frac{4,78}{19,63} \times 100\% = 24,36\%$$

Berikut ini merupakan hasil perhitungan ANOVA data variabel setelah dilakukan *pooling* yang ditunjukkan pada Tabel 4.24.

Tabel 4.24

Analysis of Variance (ANOVA) Pooling Rata-Rata Tingkat Penodaan Warna (Staining Scale)

Sumber	Pooled	SS	DF	MS	F Ratio	SS'	Ratio %	F Tabel (F _{0,05;1;20})
A	Y	0,67	-	-	-	-	-	-
B		5,04	1	5,04	19,36	4,78	24,36%	4,35

Sumber	Pooled	SS	DF	MS	F Ratio	SS'	Ratio %	F Tabel ($F_{0,05;1;20}$)
C		6,00	1	6,00	23,04	5,74	29,25%	4,35
D	Y	1,04	-	-	-	-	-	-
E	Y	0,67	-	-	-	-	-	-
F		3,38	1	3,38	12,96	3,11	15,87%	4,35
G	Y	0,67	-	-	-	-	-	-
Error	Y	2,17	1	2,17	-	-	-	-
Pooled e		5,21	20	0,26	1,00	8,32	42,41%	
SST		19,63	23					
Mean		315,38	1					
SStotal		335,00	24					

Pengujian hipotesis serta kesimpulan yang dihasilkan Tabel 4.24 diatas setelah dilakukan *pooling* kepada faktor A, D, E, dan G sebagai berikut.

a. Faktor B (jenis zat pewarna)

H_0 : Tidak terdapat pengaruh faktor B (jenis zat pewarna) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

H_1 : Terdapat pengaruh faktor B (jenis zat pewarna) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

Kesimpulan: $F \text{ ratio} = 19,36 \geq F \text{ tabel } (F_{(0,05;1;20)} = 4,35)$, maka H_0 ditolak artinya terdapat pengaruh faktor B (jenis zat pewarna) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

b. Faktor C (jenis bahan pengunci)

H_0 : Tidak terdapat pengaruh faktor C (jenis bahan pengunci) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

H_1 : Terdapat pengaruh faktor C (jenis bahan pengunci) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

Kesimpulan: $F \text{ ratio} = 23,04 \geq F \text{ tabel } (F_{(0,05;1;20)} = 4,35)$, maka H_0 ditolak artinya terdapat pengaruh faktor C (jenis bahan pengunci) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

c. Faktor F (waktu perendaman)

H_0 : Tidak terdapat pengaruh faktor F (waktu perendaman) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

H₁: Terdapat pengaruh faktor F (waktu perendaman) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

Kesimpulan: $F \text{ ratio} = 12,96 \geq F \text{ tabel } (F_{(0,05;1;20)} = 4,35)$, maka H₀ ditolak artinya terdapat pengaruh faktor F (waktu perendaman) terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

Berdasarkan hasil pengujian hipotesis diatas, dapat diketahui bahwa faktor B, C, dan F memiliki nilai $F \text{ ratio} \geq F \text{ tabel } (F_{(0,05;1;20)} = 4,35)$. Sehingga menunjukkan bahwa faktor B, C, dan F memberikan pengaruh terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*). Mengacu pada perhitungan ulang terhadap *Analysis of Variance* dengan *pooling up* seperti pada Tabel 4.24, maka dapat diketahui bahwa faktor faktor B (jenis zat pewarna), faktor C (jenis bahan pengunci), dan faktor F (waktu perendaman) memberikan pengaruh yang signifikan terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*). Faktor C (jenis bahan pengunci) memberikan pengaruh terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*) sebesar 29,25%, faktor B (jenis zat pewarna) memberikan pengaruh terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*) sebesar 24,36% sedangkan faktor F (waktu perendaman) memberikan pengaruh terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*) sebesar 15,87%. Untuk faktor A (jenis kain), faktor D (rasio bahan pengunci), faktor E (waktu pencelupan) dan faktor G (jenis air) juga memberikan pengaruh terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*) namun pengaruhnya tidak begitu signifikan. Berikut merupakan hasil perhitungan ANOVA nilai rata-rata setelah di *pooling* yang ditunjukkan pada Tabel 4.25.

Tabel 4.25

Analysis of Variance (ANOVA) Rata-Rata Tingkat Penodaan Warna Setelah Pooling

Sumber	SS	DF	MS	F Ratio	SS'	Ratio %
B	5,04	1	5,04	19,36	4,78	24,36%
C	6,00	1	6,00	23,04	5,74	29,25%
F	3,38	1	3,38	12,96	3,11	15,87%
<i>Pooled e</i>	5,21	20	0,26	1,00	8,32	42,41%
SST	19,63	23				100%
<i>Mean</i>	315,38	1				
SS _{total}	335,00	24				

Menurut Belavendram (1995), apabila nilai % *ratio error* $\leq 50\%$ maka dapat diasumsikan tidak terdapat faktor penting yang dihilangkan dari eksperimen sedangkan jika nilai % *ratio error* $> 50\%$ maka diasumsikan terdapat faktor penting yang dihilangkan dari eksperimen sehingga terdapat kesalahan besar pada perhitungan. Dilihat dari nilai % *ratio pooled error* pada Tabel 4.25 yaitu 42,41% yang artinya $\leq 50\%$ maka diasumsikan tidak terdapat faktor penting yang dihilangkan dari eksperimen.

4.8.2.2.2 Perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA) Nilai *Signal Noise to Ratio* (SNR) untuk Data Variabel Tingkat Penodaan Warna (*Staining Scale*)

Jika pada perhitungan sebelumnya fokus perhitungan adalah nilai rata-rata data maka pada perhitungan *Signal Noise to Ratio* (SNR) ini akan berfokus pada nilai variansi data. Tujuan dilakukannya perhitungan nilai *Signal Noise to Ratio* (SNR) adalah untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi nilai variansi pada eksperimen ini. SNR yang digunakan pada penelitian ini adalah SNR – *Larger the Better* yang memiliki karakteristik semakin besar semakin baik. Berikut ini adalah langkah-langkah pengujian ANOVA *Signal Noise to Ratio* (SNR).

1. Melakukan perhitungan *Signal Noise to Ratio* (SNR) masing-masing eksperimen

Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk eksperimen pertama pada *Signal Noise to Ratio* (SNR).

$$\eta = -10\log_{10}(\text{MSD})$$

$$\text{MSD (Mean Square Deviation)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}$$

$$\eta = -10\log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right)$$

$$\eta = -10\log_{10} \left(\frac{1}{3} \times \left(\frac{1}{3^2} + \frac{1}{3^2} + \frac{1}{3,5^2} \right) \right) = 9,94$$

Perhitungan yang sama dilakukan sampai eksperimen kedelapan. Hasil dari perhitungan *Signal Noise to Ratio* (SNR) dapat dilihat pada Tabel 4.26.

Tabel 4.26

Hasil Perhitungan *Signal Noise to Ratio* Tingkat Penodaan Warna (*Staining Scale*)

Exp	Faktor							Replikasi			$\frac{1}{n}$	$\sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}$	$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}$	SNR (η)
	A	B	C	D	E	F	G	1	2	3				
1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3,5	0,33	0,30	0,10	9,94
2	1	1	1	2	2	2	2	4	4	5	0,33	0,17	0,06	12,60
3	1	2	2	1	1	2	2	3,5	3,5	4	0,33	0,23	0,08	11,23

Exp	Faktor							Replikasi			$\frac{1}{n}$	$\sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}$	$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}$	SNR (η)
	A	B	C	D	E	F	G	1	2	3				
4	1	2	2	2	2	1	1	4	3,5	4,5	0,33	0,19	0,06	11,90
5	2	1	2	1	2	1	2	4	4	3,5	0,33	0,21	0,07	11,62
6	2	1	2	2	1	2	1	5	5	5	0,33	0,12	0,04	13,98
7	2	2	1	1	2	2	1	3,5	3	2,5	0,33	0,35	0,12	9,30
8	2	2	1	2	1	1	2	2	2	2	0,33	0,75	0,25	6,02

2. Membuat tabel Respon *Signal Noise to Ratio* (SNR)

Berikut ini merupakan contoh perhitungan tabel respon.

$$\text{Faktor A level pertama } (\overline{A1}) = \frac{\sum \text{rata-rata level 1 pada faktor A}}{4}$$

$$\text{Faktor A level pertama } (\overline{A1}) = \frac{(9,34 + 12,60 + 11,23 + 11,90)}{4}$$

$$\text{Faktor A level pertama } (\overline{A1}) = 11,42$$

Perhitungan yang sama dilakukan hingga faktor G dengan level kedua pada tabel respon *Signal Noise to Ratio* (SNR). Hasil dari perhitungan ditunjukkan pada Tabel 4.27.

Tabel 4.27

Tabel Respon *Signal Noise to Ratio* Tingkat Penodaan Warna (*Staining Scale*)

Tabel Respon Rata-Rata							
	A	B	C	D	E	F	G
Level 1	11,42	12,03	9,46	10,52	10,29	9,87	11,28
Level 2	10,23	9,61	12,18	11,13	11,35	11,78	10,37
Difference	1,19	2,42	2,72	0,60	1,06	1,90	0,91
Rank	4	2	1	7	5	3	6

Dari perhitungan pada tabel respon *Signal Noise to Ratio* diatas, didapatkan level mana untuk tiap-tiap faktor dengan nilai rata-rata tertinggi yaitu faktor C level 2 (jenis bahan pengunci HCL+nitrit), faktor B level 1 (jenis zat pewarna polkatif), faktor F level 2 (waktu perendaman 3 jam), faktor A level 1 (jenis kain katun), faktor E level 2 (waktu pencelupan 3 kali), faktor G level 1 (jenis air sumur PDAM), dan faktor D level 2 (rasio bahan pengunci 1:2). Hal tersebut dikarenakan pada penelitian ini menggunakan *Signal Noise to Ratio Larger the Better*.

3. Melakukan perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk *Signal Noise to Ratio* (SNR).

Berikut merupakan perhitungan ANOVA untuk *Signal Noise to Ratio* (SNR) sebelum dilakukan *pooling* faktor. Tabel 4.28 menunjukkan hasil perhitungan ANOVA sebelum di *pooled*.

Tabel 4.28

Analysis of Variance (ANOVA) Nilai SNR Tingkat Penodaan Warna (*Staining Scale*)

Sumber	SS	DF	MS	F Ratio	SS'	Ratio %
A	2,84	1	2,84	*	*	*
B	11,72	1	11,72	*	*	*
C	14,79	1	14,79	*	*	*

Sumber	SS	DF	MS	F Ratio	SS'	Ratio %
D	0,72	1	0,72	*	*	*
E	2,24	1	2,24	*	*	*
F	7,26	1	7,26	*	*	*
G	1,67	1	1,67	*	*	*
Error	0,00	16	0,00	*	*	*
SST	41,24	23				
Mean	937,35	1				
SStotal	978,59	24				

Berdasarkan tabel perhitungan ANOVA diatas maka dapat dilihat bahwa *degree of freedom* (derajat bebas) *error* memiliki nilai nol sehingga memiliki pengaruh yaitu tidak dapat menghitung nilai jumlah kuadrat *error* (*SSerror*) dan rata-rata kuadrat *error* (*MSerror*) yang mengakibatkan F-hitung juga tidak dapat dihitung karena nilai *MSerror* adalah nol maka dari itu perlu dilakukan *pooling up* beberapa faktor.

4. *Pooling up*

Pooling up dilakukan terhadap faktor-faktor yang mempunyai nilai jumlah kuadrat terkecil dari faktor yang tidak berpengaruh signifikan. Pada metode Taguchi menganjurkan prosedur penggabungan ini dilakukan sampai derajat bebas *error* mendekati setengah dari total derajat bebas pengamatan (Soejanto, 2009). Nilai *F ratio* terkecil dibandingkan dengan faktor yang lain yaitu faktor A, D, E, dan G. Berikut ini merupakan perhitungan *pooling up* untuk faktor A, D, E, dan G pada ANOVA SNR.

- a. Perhitungan nilai total *Sum of Square* atau Jumlah Kuadrat Total (*SStotal*)

$$SStotal = \sum y^2$$

$$SStotal = 9,94^2 + 12,60^2 + 11,23^2 + \dots + 6,02^2 = 978,59$$

- b. Perhitungan *Sum of Squares of the Mean* atau Jumlah Kuadrat karena rata-rata (*SSmean*)

$$SSmean = n \times \bar{y}^2$$

$$n = \text{jumlah eksperimen} = 8$$

$$\bar{y} = \frac{\text{Total nilai SNR}}{n}$$

$$= \frac{(9,94 + 12,60 + 11,23 + \dots + 6,02)}{8} = 10,82$$

$$SSmean = 8 \times (10,82)^2 = 937,35$$

- c. Perhitungan Jumlah Kuadrat karena Faktor (*SS_B*, *SS_C*, *SS_F*)

Berikut ini adalah contoh perhitungan Jumlah Kuadrat karena Faktor B.

$$SS_B = \left((\bar{B1})^2 \times n1 \right) + \left((\bar{B2})^2 \times n2 \right) - SSmean$$

$$SS_B = ((12,03)^2 \times 4) + ((9,61)^2 \times 4) - 937,35 = 11,72$$

Untuk perhitungan Jumlah Kuadrat karena Faktor pada faktor C dan F dilakukan dengan perhitungan yang sama.

- d. Perhitungan *Sum of Square (pooled e)*

$$SS \text{ (pooled e)} = SST - SS_B - SS_C - SS_F$$

Untuk perhitungan SST sebagai berikut.

$$SST = SS_{\text{total}} - SS_{\text{mean}}$$

$$SST = 978,59 - 937,35 = 41,24$$

Sehingga,

$$SS \text{ (pooled e)} = 41,24 - 11,72 - 14,79 - 7,26$$

$$SS \text{ (pooled e)} = 7,47$$

- e. Membuat tabel ANOVA untuk nilai SNR

- 1) Menentukan derajat kebebasan

Misal untuk faktor B:

$$DF_B = (\text{number of levels} - 1)$$

$$DF_B = (2 - 1) = 1$$

- 2) Menghitung derajat kebebasan total

$$DF_T = (\text{number of experiment} - 1)$$

$$DF_T = (8 - 1) = 7$$

- 3) Menghitung derajat kebebasan *pooled e*

$$DF_{\text{(pooled e)}} = DF_T - DF_B - DF_C - DF_F$$

$$DF_{\text{(pooled e)}} = 7 - 1 - 1 - 1 = 4$$

- 4) Menghitung rata-rata Jumlah Kuadrat atau *Mean Sum of Square (MS)*

Berikut ini adalah contoh perhitungan Rata-rata Jumlah Kuadrat B.

$$MSB = \frac{SSB}{v_B}$$

$$MSB = \frac{11,72}{1} = 11,72$$

Untuk perhitungan rata-rata Jumlah Kuadrat atau *Mean Sum of Square* pada faktor C dan D dilakukan dengan perhitungan yang sama.

Sedangkan, perhitungan untuk MS (*pooled e*) sebagai berikut.

$$MS \text{ (pooled e)} = \frac{SS \text{ (pooled e)}}{DF \text{ (pooled e)}} = \frac{7,47}{4} = 1,87$$

- 6) Menghitung nilai *F-Ratio - Pooled*

Berikut ini adalah contoh perhitungan nilai (*F-Ratio*) B hasil *pooling faktor*.

$$F\text{-Ratio } B = \frac{MSB}{MS(\text{pooled error})}$$

$$F\text{-Ratio } B = \frac{11,72}{1,87} = 6,27$$

Untuk perhitungan *F-Ratio* pada faktor C dan F dilakukan dengan perhitungan yang sama.

- 7) Menghitung nilai *SS'* pada masing-masing faktor – *Pooled*

Berikut ini adalah contoh perhitungan *SSB'*.

$$SS' \text{ Faktor} = SS \text{ Faktor} - (DF \text{ Faktor} \times MS (\text{pooled } e))$$

$$SSB' = 11,72 - (1 \times 1,87) = 9,85$$

Untuk perhitungan *SS'* pada faktor C dan F dilakukan dengan perhitungan yang sama sedangkan untuk *SS' (pooled e)* adalah sebagai berikut.

$$SS' (\text{pooled } e) = SST - SSB' - SSC' - SSF'$$

$$SS' (\text{pooled } e) = 41,24 - 9,85 - 12,93 - 5,39$$

$$SS' (\text{pooled } e) = 13,08$$

- 7) Menghitung *Percent Contribution (Rho%)* untuk masing-masing faktor

Berikut ini adalah contoh perhitungan *Rho%B*.

$$Rho\% B = \frac{SSB'}{SST} \times 100\%$$

$$Rho\% B = \frac{9,85}{41,24} \times 100\% = 23,89\%$$

Untuk perhitungan *Rho%* pada faktor C dan F dilakukan dengan perhitungan yang sama.

Berikut merupakan hasil perhitungan ANOVA nilai *Signal to Noise Ratio (SNR)* untuk data variabel setelah *pooling up* yang ditunjukkan pada Tabel 4.29.

Tabel 4.29

Analysis of Variance (ANOVA) Nilai SNR Pooling Tingkat Penodaan Warna (Staining Scale)

Sumber	SS	DF	MS	F Ratio	SS'	Ratio %
B	11,72	1	11,72	6,27	9,85	23,89%
C	14,79	1	14,79	7,92	12,93	31,34%
F	7,26	1	7,26	3,88	5,39	13,06%
<i>Pooled e</i>	7,47	4	1,87	1,00	13,08	31,71%
SST	41,24	7				100%
Mean	937,35	1				
SStotal	978,59	24				

Berdasarkan hasil perhitungan ANOVA untuk nilai *Signal to Noise Ratio* dapat diketahui bahwa faktor yang paling berpengaruh dengan kontribusi besar adalah faktor C selanjutnya faktor B dan kontribusi terkecil yaitu faktor F. Dalam metode

ini, SNR berguna untuk mengoptimalkan faktor yang mempengaruhi variansi kemudian pada perhitungan persentase kontribusi ditunjukkan bahwa persen kontribusi *pooled error* adalah sebesar 31,71% yang artinya tidak terdapat faktor berpengaruh signifikan yang hilang dari eksperimen dan berarti faktor-faktor penting dalam eksperimen tersebut dilibatkan dalam perancangan *robust design*.

4.8.2.2.3 Penentuan *Setting Level Optimal* Tingkat Penodaan Warna (*Staining Scale*)

Sehubungan dengan rekomendasi level yang optimal, terdapat dua tahap dalam meningkatkan karakteristik kualitas yaitu mengurangi variansi dan menyesuaikan target sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan (Belavendram, 1995). Tabel 4.30 merupakan tabel yang menunjukkan perbandingan pengaruh faktor-faktor dalam eksperimen Taguchi terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

Tabel 4.30

Perbandingan Pengaruh Faktor pada Eksperimen Taguchi untuk Tingkat Penodaan Warna (*Staining Scale*)

Faktor	Peringkat		Pengaruh	Setting Level
	Rata-Rata (\bar{y})	SNR (η)		
A	4	4	Berpengaruh dan kontribusi kecil	A1
B	2	2	Berpengaruh dan kontribusi besar	B1
C	1	1	Berpengaruh dan kontribusi besar	C2
D	5	7	Berpengaruh dan kontribusi besar	D2
E	6	5	Berpengaruh dan kontribusi kecil	E2
F	3	3	Berpengaruh dan kontribusi kecil	F2
G	7	6	Berpengaruh dan kontribusi kecil	G1

Perbandingan pengaruh faktor antara kondisi prediksi rata-rata dengan hasil perhitungan SNR menunjukkan perbandingan yang sama sehingga kombinasi level optimal yang dipilih yaitu faktor A level 1 (jenis kain katun), faktor B level 1 (jenis zat pewarna polkatif), faktor C level 2 (jenis bahan pengunci HCL + Nitrit), faktor D level 2 (rasio bahan pengunci 1:2), faktor E level 2 (waktu pencelupan 3 kali), faktor F level 2 (waktu perendaman 3 jam), dan faktor G level 1 (jenis air sumur PDAM).

4.8.2.2.4 Perkiraan Kondisi Optimal dan Interval Kepercayaan Nilai Tingkat Penodaan Warna (*Staining Scale*)

Setelah mengetahui *setting level optimal* adalah membuat perkiraan terhadap kondisi optimal. Perkiraan ini dilakukan dengan cara membandingkan nilai prediksi terhadap nilai rata-rata proses dan *Signal Noise to Ratio* (SNR) proses yang diharapkan mencapai level

optimal dengan menggunakan hasil eksperimen. Jika nilai prediksi dan hasil eksperimen memiliki nilai yang hampir sama atau mendekati maka dapat disimpulkan bahwa rancangan eksperimen Taguchi yang dilaksanakan sudah memenuhi syarat eksperimen Taguchi. Sedangkan untuk perhitungan interval kepercayaan memiliki tujuan untuk mengetahui perkiraan level faktor optimal yang didapatkan. Interval kepercayaan adalah nilai maksimum dan minimum dimana diharapkan nilai rata-rata sebenarnya akan tercakup dengan beberapa persentase kepercayaan tertentu.

Berdasarkan hasil perhitungan ANOVA untuk data variabel, faktor yang berpengaruh dan berkontribusi besar terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna yaitu B1 (jenis warna polkatif), C2 (jenis bahan pengunci HCL + Nitrit) dan F2 (waktu perendaman 3 jam). Berikut ini adalah perhitungan perkiraan kondisi optimal dan interval kepercayaan.

1. Perkiraan kondisi optimal dan interval kepercayaan untuk nilai rata-rata seluruh data.

a. Perkiraan kondisi optimal untuk nilai rata-rata seluruh data

Nilai rata-rata seluruh data (\bar{y}) = 3,63

b. Perhitungan nilai prediksi rata-rata

$\mu_{predicted}$ = Estimasi rata-rata proses pada kondisi optimal

$$\mu_{predicted} = \bar{y} + (\text{faktor terpilih 1} - \bar{y}) + \dots + (\text{faktor terpilih n} - \bar{y})$$

$$\mu_{predicted} = \bar{y} + (B1 - \bar{y}) + (C2 - \bar{y}) + (F2 - \bar{y})$$

$$\mu_{predicted} = 3,63 + (4,08 - 3,63) + (4,13 - 3,63) + (4,00 - 3,63)$$

$$\mu_{predicted} = 10,37$$

c. Perhitungan interval kepercayaan nilai rata-rata

$$CI_{mean} = \pm \sqrt{(F_{(\alpha, v1, v2)} \times MS_{pooled} \times \frac{1}{n_{eff}})}$$

Sedangkan cara untuk mendapatkan nilai n_{eff} sebagai berikut.

$$n_{eff} = \frac{\text{total number of experiments}}{\text{sum of degree of freedom used in estimate of mean}}$$

$$n_{eff} = \frac{8 \times 3}{V_{\mu} + V_B + V_C + V_F}$$

$$n_{eff} = \frac{24}{1+1+1+1} = 6$$

Maka perhitungan interval kepercayaan nilai rata-rata adalah sebagai berikut.

$$CI_{mean} = \pm \sqrt{(F_{(\alpha, v1, v2)} \times MS_{pooled} \times \frac{1}{n_{eff}})}$$

$$CI_{mean} = \pm \sqrt{(F_{(0,05,1,20)} \times 0,33 \times \frac{1}{6})}$$

$$Cl_{mean} = \pm \sqrt{(4,35 \times 0,26 \times 0,1670)}$$

$$Cl_{mean} = \pm 0,43$$

Maka interval kepercayaan nilai rata-rata untuk proses optimal yaitu:

$$\mu_{predicted} - Cl_{mean} \leq \mu_{predicted} \leq \mu_{predicted} + Cl_{mean}$$

$$4,96 - 0,43 \leq \mu_{predicted} \leq 4,96 + 0,43$$

$$4,52 \leq \mu_{predicted} \leq 5,39$$

Berdasarkan hasil perhitungan prediksi kondisi optimum diperoleh nilai $\mu_{predicted}$ sebesar 4,96 maka didapatkan rentang interval kepercayaan yaitu $4,52 \leq \mu_{predicted} \leq 5,39$ yang memiliki arti bahwa pengukuran uji kelunturan batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*) berada pada batas rentang pengukuran uji ketahanan luntur baik terhadap pencucian yang optimal.

2. Perkiraan kondisi optimal dan interval kepercayaan untuk nilai *Signal Noise to Ratio* (SNR) seluruh data eksperimen Taguchi.

- a. Perkiraan kondisi optimal untuk *Signal Noise to Ratio* (SNR) seluruh data

Nilai SNR seluruh data ($\bar{\eta}$) = 10,82

- b. Perhitungan nilai prediksi rata-rata

$\mu_{predicted}$ = Estimasi rata-rata proses pada kondisi optimal

$$\mu_{predicted} = \bar{\eta} + (\text{faktor terpilih 1} - \bar{\eta}) + \dots + (\text{faktor terpilih n} - \bar{\eta})$$

$$\mu_{predicted} = \bar{\eta} + (B1 - \bar{\eta}) + (C2 - \bar{\eta}) + (F2 - \bar{\eta})$$

$$\mu_{predicted} = 10,82 + (12,03 - 10,82) + (12,18 - 10,82) + (11,78 - 10,82)$$

$$\mu_{predicted} = 14,35$$

- c. Perhitungan interval kepercayaan nilai rata-rata

$$Cl_{SNR} = \pm \sqrt{(F_{(\alpha, v1, v2)} \times MSpooled e \times \frac{1}{neff})}$$

Sedangkan cara untuk mendapatkan nilai *neff* sebagai berikut.

$$neff = \frac{\text{total number of experiments}}{\text{sum of degree of freedom used in estimate of mean}}$$

$$neff = \frac{8}{V_{\mu} + V_B + V_C + V_F}$$

$$neff = \frac{8}{1 + 1 + 1 + 1} = 2$$

Maka perhitungan interval kepercayaan nilai rata-rata sebagai berikut.

$$Cl_{SNR} = \pm \sqrt{(F_{(\alpha, v1, v2)} \times MSpooled e \times \frac{1}{neff})}$$

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{(F_{(0,05,1,4)} \times 1,87 \times \frac{1}{2})}$$

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{(7,71 \times 1,87 \times 0,5)}$$

$$CI_{SNR} = \pm 2,68$$

Maka interval kepercayaan nilai rata-rata untuk proses optimal yaitu:

$$\mu_{predicted} - CI_{mean} \leq \mu_{predicted} \leq \mu_{predicted} + CI_{mean}$$

$$14,35 - 2,68 \leq \mu_{predicted} \leq 14,35 + 2,68$$

$$11,66 \leq \mu_{predicted} \leq 17,03$$

Berdasarkan hasil perhitungan prediksi kondisi optimum diperoleh nilai $\mu_{predicted}$ sebesar 14,35 maka didapatkan rentang interval kepercayaan yaitu $11,66 \leq \mu_{predicted} \leq 17,03$. Apabila nilai eksperimen konfirmasi berada pada batas rentang penilaian tersebut maka eksperimen Taguchi dapat diterima.

4.8.2.2.5 Eksperimen Konfirmasi Tingkat Penodaan Warna (*Staining Scale*)

Eksperimen konfirmasi bertujuan untuk memvalidasi *setting* level optimal yang telah ditentukan sebelumnya. Untuk faktor-faktor yang mempunyai kontribusi kecil terhadap kualitas ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian tetap akan diaplikasikan pada eksperimen ini dengan mengambil level yang terbaik.

Eksperimen konfirmasi dilakukan dengan menggunakan *setting* level optimal yang sudah didapatkan sebelumnya yaitu faktor A level 1 (jenis kain katun), faktor B level 1 (jenis zat pewarna polkatif), faktor C level 2 (jenis bahan pengunci HCL + Nitrit), faktor D level 2 (rasio bahan pengunci 1:2), faktor E level 2 (waktu pencelupan 3 kali), faktor F level 2 (waktu perendaman 3 jam), dan faktor G level 1 (jenis air sumur PDAM). Data hasil eksperimen konfirmasi sebanyak 10 sampel kain batik cap dengan level faktor optimal untuk tingkat penodaan warna (*staining scale*) dijelaskan pada Tabel 4.31.

Tabel 4.31

Data Hasil Eksperimen Konfirmasi untuk Tingkat Penodaan Warna (*Staining Scale*)

Eksperimen	Hasil Eksperimen
1	4
2	4
3	4
4	4,5
5	4
6	4,5
7	4,5
8	4
9	4
10	4,5

Selanjutnya dilakukan perhitungan rata-rata dan variansinya. Berikut ini merupakan perhitungan nilai rata-rata dan variansi serta perhitungan interval kepercayaan nilai rata-rata dan nilai SNR dari kualitas ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*) pada eksperimen konfirmasi.

1. Perhitungan nilai rata-rata serta variansi dan ditransformasikan ke dalam SNR

a. Perhitungan nilai rata-rata

$$\begin{aligned}\mu &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \\ &= \frac{1}{10} (4 + 4 + \dots + 4,5) \\ &= 4,2\end{aligned}$$

b. Perhitungan variansi

$$\begin{aligned}\sigma^2 &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2 \\ &= \frac{1}{10} \sum_{i=1}^n (4 - 4,2)^2 + (4 - 4,2)^2 + \dots + (4,5 - 4,2)^2 \\ &= 0,06\end{aligned}$$

c. Nilai perhitungan SNR *Larger the Better*

1) Perhitungan MSD SNR *Larger the Better*

$$\begin{aligned}&= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \\ &= \frac{1}{10} \times \left(\frac{1}{4^2} + \frac{1}{4^2} + \dots + \frac{1}{4,5^2} \right) \\ &= 0,06\end{aligned}$$

2) Perhitungan SNR *Larger the Better*

$$\begin{aligned}\eta &= -10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \\ \eta &= -10 \log_{10} [0,06] = 12,42\end{aligned}$$

2. Perhitungan interval kepercayaan eksperimen konfirmasi

Seperti pada kondisi optimal, tujuan dilakukannya perhitungan interval kepercayaan eksperimen konfirmasi yaitu untuk membuat suatu perkiraan dari level-level faktor. Interval kepercayaan sendiri dibandingkan antara interval kepercayaan optimal dengan interval kepercayaan konfirmasi untuk menggambarkan apakah percobaan ini diterima

atau ditolak. Hal ini dapat dilakukan dengan membandingkan dalam bentuk grafik. Berikut ini merupakan perhitungan interval kepercayaan dari eksperimen konfirmasi untuk nilai rata-rata ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*).

- a. Interval kepercayaan eksperimen konfirmasi untuk nilai rata-rata tingkat penodaan warna (*staining scale*)

$$CI_{mean} = \pm \sqrt{F_{(\alpha, v1, v2)} \times MS_{(pooled\ e)} \times \left[\frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right]}$$

$$CI_{mean} = \pm \sqrt{(F_{(0,05,1,20)} \times 0,26 \times \left[\frac{1}{6} + \frac{1}{10} \right])}$$

$$CI_{mean} = \pm \sqrt{4,35 \times 0,26 \times \left[\frac{1}{6} + \frac{1}{10} \right]}$$

$$CI_{mean} = \pm 0,55$$

Sehingga interval kepercayaan untuk nilai rata-rata eksperimen konfirmasi tingkat penodaan warna (*staining scale*) adalah:

$$\mu_{confirmation} - CI_{mean} \leq \mu_{confirmation} \leq \mu_{confirmation} + CI_{mean}$$

$$4,20 - 0,55 \leq \mu_{confirmation} \leq 4,20 + 0,55$$

$$3,65 \leq \mu_{confirmation} \leq 4,75$$

Berdasarkan hasil perhitungan prediksi kondisi optimum diperoleh nilai $\mu_{confirmation}$ sebesar 4,20 maka didapatkan rentang interval kepercayaan yaitu $3,65 \leq \mu_{confirmation} \leq 4,75$ yang memiliki arti bahwa pengukuran uji kelunturan batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*) berada pada batas rentang pengukuran uji ketahanan luntur baik terhadap pencucian yang optimal.

- b. Interval kepercayaan eksperimen konfirmasi untuk *Signal Noise to Ratio* (SNR)

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{F_{(\alpha, v1, v2)} \times MS_{(pooled\ e)} \times \left[\frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right]}$$

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{(F_{(0,05,1,4)} \times 1,87 \times \left[\frac{1}{2} + \frac{1}{10} \right])}$$

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{7,71 \times 1,87 \times \left[\frac{1}{2} + \frac{1}{10} \right]}$$

$$CI_{SNR} = \pm 2,94$$

Maka interval kepercayaan eksperimen konfirmasi untuk *Signal Noise to Ratio* (SNR) adalah:

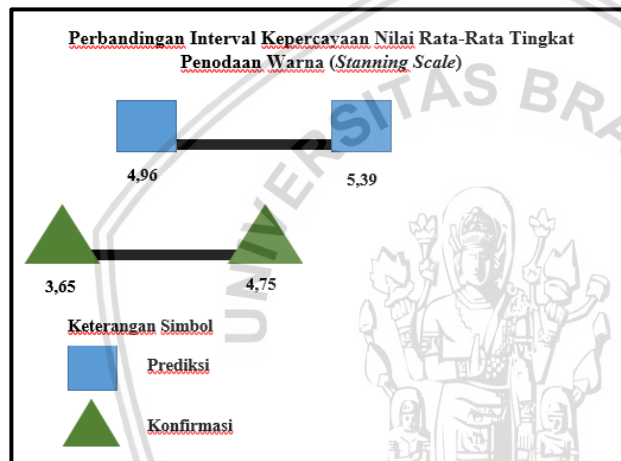
$$\mu_{confirmation} - CI_{SNR} \leq \mu_{confirmation} \leq \mu_{confirmation} + CI_{SNR}$$

$$12,42 - 2,94 \leq \mu_{confirmation} \leq 12,42 + 2,94$$

$$9,48 \leq \mu_{confirmation} \leq 15,36$$

Berdasarkan hasil perhitungan prediksi kondisi optimum diperoleh nilai $\mu_{confirmation}$ sebesar 12,42 maka didapatkan rentang interval kepercayaan yaitu $9,48 \leq \mu_{confirmation} \leq 15,36$. Apabila nilai eksperimen konfirmasi berada pada batas rentang penilaian tersebut maka eksperimen Taguchi dapat diterima.

3. Membandingkan interval kepercayaan kondisi optimal dan eksperimen konfirmasi
 - a. Membandingkan interval kepercayaan kondisi optimal dan eksperimen konfirmasi untuk nilai rata-rata



Gambar 4.4 Perbandingan interval kepercayaan prediksi dan eksperimen konfirmasi pada nilai rata-rata tingkat penodaan warna (*staining scale*)

Berdasarkan Gambar 4.4 dapat disimpulkan bahwa eksperimen diterima dikarenakan hasil interval kepercayaan nilai rata-rata untuk tingkat penodaan warna (*staining scale*) eksperimen konfirmasi beririsan terhadap prediksi.

- b. Membandingkan interval kepercayaan kondisi optimal dan eksperimen konfirmasi untuk nilai *Signal Noise to Ratio* (SNR)



Gambar 4.5 Perbandingan interval kepercayaan prediksi dan eksperimen konfirmasi pada nilai SNR tingkat tingkat penodaan warna (*staining scale*)

Berdasarkan Gambar 4.5 dapat disimpulkan bahwa eksperimen diterima dikarenakan hasil interval kepercayaan nilai rata-rata untuk tingkat penodaan warna (*staining scale*) eksperimen konfirmasi beririsan terhadap prediksi.

Artinya *setting* level optimal eksperimen Taguchi telah valid sehingga hasil eksperimen dapat digunakan oleh CV. Subur Makmur sebagai acuan dalam pembuatan batik cap untuk meningkatkan kualitas ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian untuk parameter tingkat penodaan warna (*staining scale*).

4.9 Analisis dan Pembahasan

Seperti yang telah dibahas pada bab sebelumnya, desain eksperimen Taguchi yang dijalankan menggunakan *orthogonal array* $L_8(2^7)$ dengan karakter kualitas *Larger the Better* dimana semakin tinggi nilainya maka semakin baik. Pada penelitian ini terdapat 8 perlakuan eksperimen dengan 7 faktor dan masing-masing terdiri dari 2 level faktor yaitu jenis kain (rayon, katun), jenis zat pewarna (polkatif, sol), jenis bahan pengunci (*Waterglass* + *Radiocool*, HCL + Nitrit), rasio bahan pengunci (1:1, 1:2), waktu pencelupan (2 kali, 3 kali), waktu perendaman (2 jam, 3 jam), dan jenis air (air sumur, air PDAM). Banyak replikasi yang dilakukan adalah 3 kali sehingga didapatkan 24 sampel kain batik cap. Penilaian kualitas ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian dilakukan dengan menggunakan mesin *launderometer* dan terdapat 2 parameter yang diamati yaitu tingkat perubahan warna (*gray scale*) dan tingkat penodaan warna (*staining scale*) dari pembuatan batik cap yang sudah dibuat berdasarkan faktor dan level faktor yang telah ditetapkan. Parameter pertama yang diukur adalah tingkat perubahan warna (*gray scale*) dimana nilai evaluasi terendah yang didapatkan adalah 2 dan tertinggi adalah 5. Sedangkan parameter

kedua yang diukur yaitu tingkat penodaan warna (*staining scale*) dimana nilai evaluasi terendah yang didapatkan adalah 2 dan tertinggi adalah 5.

Pengolahan data awal yang dilakukan adalah dengan menghitung tabel respon nilai rata-rata dari tingkat perubahan warna (*gray scale*). Dari tabel tersebut diperoleh hasil faktor-faktor mana saja yang memiliki tingkat *difference* tertinggi hingga terendah. Dari tabel respon tersebut selanjutnya dilakukan perhitungan ANOVA yang bertujuan untuk mencari faktor mana saja yang berpengaruh secara signifikan terhadap tingkat kelunturan warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*). Pada perhitungan ANOVA dengan menggunakan nilai rata-rata untuk tingkat perubahan warna (*gray scale*) dapat diketahui bahwa seluruh atau ketujuh faktor memberikan pengaruh signifikan terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*). Dari ketujuh faktor tersebut urutan nilai yang memberikan pengaruh signifikan terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*) dilihat dari persen kontribusi terbesar sampai terkecil adalah faktor C (jenis bahan pengunci) dengan nilai 29,09, faktor B (jenis zat pewarna) dengan nilai 19,98%, faktor F (waktu perendaman) dengan nilai 16,05%, faktor D (rasio bahan pengunci) dengan nilai 6,73%, faktor A (jenis kain) dan faktor G (jenis air) memiliki nilai kontribusi yang sama yaitu 4,45%, dan yang memberikan pengaruh paling kecil yaitu faktor E (waktu pencelupan) dan dengan nilai 2,59%.

Setelah dilakukan perhitungan dengan menggunakan nilai rata-rata maka selanjutnya dilakukan perhitungan *Signal Noise to Ratio* (SNR) yang secara konsep lebih berfokus pada variansi data. Pada masing-masing eksperimen didapatkan satu nilai SNR yang berikutnya akan dibuat tabel respon SNR. Perhitungan yang dilakukan hampir sama seperti pada nilai rata-rata namun pada perhitungan SNR ini langsung dilakukan perhitungan ANOVA *pooled*. Berdasarkan perhitungan persen kontribusi, keempat faktor yaitu A, D, E, dan G memiliki kontribusi kecil sehingga dilakukan *pooling* pada faktor tersebut, karena dalam melakukan *pooling* disarankan menggunakan separuh dari jumlah derajat kebebasan pada *orthogonal array*. Berdasarkan pada hasil *pooling* diputuskan bahwa tidak terdapat faktor yang berpengaruh signifikan yang hilang karena persen kontribusi *error* pada hasil *pooling* tidak lebih dari 50% yaitu sebesar 37,62%.

Langkah-langkah pengolahan data yang dilakukan untuk parameter kedua yaitu tingkat penodaan warna (*staining scale*) sama seperti parameter sebelumnya. Perhitungan dimulai dari tabel respon nilai rata-rata, perhitungan ANOVA, ANOVA *pooled* nilai rata-rata, tabel respon SNR, dan ANOVA *pooled* SNR. Pada perhitungan ANOVA untuk tingkat penodaan

warna (*staining scale*) didapatkan seluruh atau ketujuh faktor yang secara signifikan berpengaruh terhadap kelunturan warna batik cap terhadap pencucian. Dari ketujuh faktor tersebut urutan nilai yang memberikan pengaruh signifikan terhadap ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian berdasarkan tingkat penodaan warna (*staining scale*) dilihat dari persen kontribusi terbesar sampai terkecil adalah faktor C (jenis bahan pengunci) sebesar 29,88%, faktor B (jenis zat pewarna) dengan nilai 25,00%, faktor F (waktu perendaman) dengan nilai 16,51%, faktor D (rasio bahan pengunci) dengan nilai 4,62%, dan yang memberikan pengaruh paling kecil yaitu faktor A (jenis kain), faktor E (waktu pencucian), dan faktor G (jenis air) dengan nilai 2,71%.

Setelah dilakukan perhitungan dengan menggunakan nilai rata-rata maka selanjutnya dilakukan perhitungan *Signal Noise to Ratio* (SNR) yang secara konsep lebih berfokus pada variansi data. Pada masing-masing eksperimen didapatkan satu nilai SNR yang berikutnya akan dibuat tabel respon SNR. Perhitungan yang dilakukan hampir sama seperti pada nilai rata-rata namun pada perhitungan SNR ini langsung dilakukan perhitungan ANOVA *pooled*. Berdasarkan perhitungan persen kontribusi, keempat faktor yaitu A, D, E, dan G memiliki kontribusi kecil sehingga dilakukan *pooling* pada faktor tersebut, karena dalam melakukan *pooling* disarankan menggunakan separuh dari jumlah derajat kebebasan pada *orthogonal array*. Berdasarkan pada hasil *pooling* diputuskan bahwa tidak terdapat faktor yang berpengaruh signifikan yang hilang karena persen kontribusi *error* pada hasil *pooling* tidak lebih dari 50% yaitu sebesar 42,41%.

Dari kedua perhitungan yang dilakukan dijadikan acuan untuk menentukan *setting level* optimal. Berdasarkan perhitungan nilai rata-rata maupun SNR data menunjukkan hasil yang sama baik berdasarkan tingkat perubahan warna (*gray scale*) maupun tingkat penodaan warna (*staining scale*). *Setting level* optimal yang terpilih adalah faktor A level 1 (jenis kain katun), faktor B level 1 (jenis zat pewarna polkatif), faktor C level 2 (jenis bahan pengunci HCL + Nitrit), faktor D level 2 (rasio bahan pengunci 1:2), faktor E level 2 (waktu pencelupan 3 kali), faktor F level 2 (waktu perendaman 3 jam), dan faktor G level 1 (jenis air sumur PDAM).

Setting level optimal yang didapat dari kedua parameter tersebut digunakan untuk menjalankan eksperimen konfirmasi. Eksperimen konfirmasi hanya dilakukan sebanyak 10 replikasi terhadap kedua parameter tersebut dikarenakan keduanya memiliki *setting level* optimal yang sama. Dari hasil eksperimen konfirmasi untuk tingkat perubahan warna (*gray scale*) didapatkan nilai terendah 4 dan yang tertinggi 5. Sementara untuk tingkat penodaan warna (*staining scale*) didapatkan nilai terendah yaitu 4 dan yang tertinggi 4,5. Selanjutnya

dapat dihitung *confidence interval* untuk kedua parameter baik dari segi prediksi rata-rata dan SNR maupun dari segi uji konfirmasi nilai rata-rata dan SNR. Perhitungan ini berguna untuk membuktikan apakah eksperimen konfirmasi yang menggunakan *setting level* optimal yang terpilih dapat diterima atau tidak. Hasil perbandingan *confidence interval* untuk kedua indikator ditunjukkan pada Tabel 4.32.

Tabel 4.32

Hasil Perbandingan *Confidence Interval*

Respon Tingkat Perubahan Warna (<i>Gray Scale</i>)		Prediksi	Optimasi
Eksperimen Taguchi	Rata-rata (μ)	4,92	$4,43 \pm 5,41$
	Variabilitas (SNR)	14,20	$10,71 \pm 17,69$
Eksperimen Konfirmasi	Rata-rata (μ)	4,55	$3,93 \pm 5,17$
	Variabilitas (SNR)	13,05	$9,56 \pm 16,54$
Respon Tingkat Penodaan Warna (<i>Staining Scale</i>)		Prediksi	Optimasi
Eksperimen Taguchi	Rata-rata (μ)	4,96	$4,52 \pm 5,39$
	Variabilitas (SNR)	14,35	$11,66 \pm 17,03$
Eksperimen Konfirmasi	Rata-rata (μ)	4,20	$3,65 \pm 4,75$
	Variabilitas (SNR)	12,42	$9,48 \pm 15,36$

Berdasarkan tabel diatas dapat disimpulkan bahwa eksperimen konfirmasi dapat diterima karena terdapat irisan antara selang kepercayaan nilai rata-rata dan SNR kondisi optimal serta eksperimen konfirmasi atau dengan kata lain masih berada dalam interval hasil optimal sehingga keputusan dapat diterima dan nilai rata-rata yang didapatkan dari hasil perhitungan ANOVA mengalami kenaikan nilai yang cukup signifikan dari nilai evaluasi awal untuk tingkat perubahan warna (*gray scale*) yaitu 2 menjadi bernilai 4,55 dan untuk nilai awal tingkat penodaan warna (*staining scale*) terhadap kapas dari nilai 2,5 menjadi bernilai 4,20 dan nilai tersebut sudah mencapai tingkat ketahanan luntur warna terhadap pencucian pada SNI 8303:2016 dengan nilai minimum 4 untuk perubahan warna (*gray scale*) dan nilai minimum 3-4 untuk penodaan warna (*staining scale*).

Dari serangkaian perhitungan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa tingkat perubahan warna (*gray scale*) dan tingkat penodaan warna (*staining scale*) memiliki keterkaitan yang erat dikarenakan kedua indikator tersebut memiliki *setting level* optimal yang sama. Dari keseluruhan hasil percobaan metode Taguchi ini diharapkan CV. Subur Makmur dapat menggunakan *setting level* optimal yang terpilih untuk meningkatkan kualitas ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian, berikut merupakan *setting level* optimal untuk meningkatkan kualitas ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian yang ditunjukkan pada Tabel 4.33.

Tabel 4.33

Setting Level Optimal untuk Tingkat Perubahan Warna (Gray Scale) dan Penodaan Warna (Staining Scale)

<i>Setting Level Optimal</i>	
Faktor Terkendali	Level Faktor
Jenis kain	Katun
Jenis zat pewarna	Polkatif
Jenis bahan pengunci	HCL + Nitrit
Rasio bahan pengunci	$1/4 : 3/4$
Waktu pencelupan	3 kali
Waktu perendaman	3 jam
Jenis air	Air PDAM

Setelah mengetahui *setting* level optimal dari hasil eksperimen Taguchi yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa penelitian ini diimplementasikan untuk meningkatkan kualitas batik cap pada CV. Subur Makmur sehingga harapannya tidak terjadi lagi batik cap yang dikembalikan akibat batik yang luntur setelah dilakukan pencucian sehingga dapat mengurangi biaya *rework* akibat batik yang *defect* atau cacat. Harapan lain dari penelitian ini adalah dengan meningkatnya kualitas ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian sehingga menjadi minat dan daya tarik masyarakat yang dapat meningkatkan penjualan batik cap pada CV. Subur Makmur. Dalam mengimplementasikan rekomendasi *setting* level optimal pada CV. Subur Makmur tidak terdapat kendala yang berarti seperti jenis air yang terpilih adalah PDAM walaupun sebelumnya menggunakan air sumur namun instalasi air PDAM sedang dilakukan sehingga selama pemasangan masih menggunakan air sumur dimana CV. Subur Makmur mampu mengimplementasikan *setting* level optimal untuk perbaikan kualitas kedepannya.

BAB V PENUTUP

Pada bagian penutup akan dijelaskan mengenai kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian dan saran yang diperlukan baik bagi perusahaan maupun bagi penelitian selanjutnya.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengolahan data yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Pemilihan faktor kontrol yang mempengaruhi ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian dilakukan dengan melakukan studi literatur dan diskusi dengan pihak CV. Subur Makmur. Dari hasil tersebut didapatkan faktor kontrol yang berpengaruh terhadap kualitas ketahanan luntur warna batik cap menghasilkan faktor yang sama untuk kedua parameter pengujian yaitu tingkat perubahan warna (*gray scale*) dan tingkat penodaan warna (*staining scale*) yaitu jenis kain, jenis zat pewarna, jenis bahan pengunci, rasio bahan pengunci, waktu pencelupan, waktu pencucian, dan jenis air. Berdasarkan hasil perhitungan ANOVA nilai rata-rata dan nilai *Signal Noise to Ratio* untuk tingkat perubahan warna (*gray scale*) dan tingkat penodaan warna (*staining scale*) didapatkan hasil yang sama. Untuk faktor-faktor yang secara signifikan mempengaruhi kualitas ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian untuk kedua parameter yaitu tingkat perubahan warna (*gray scale*) dan tingkat penodaan warna (*staining scale*) didapatkan 3 faktor yang sama yaitu jenis bahan pengunci, jenis zat pewarna dan waktu pencucian. Ketiga faktor tersebut memiliki nilai *F-ratio* yang tertinggi diantara lainnya dan nilainya melebihi nilai *F* tabel (4,49), untuk tingkat perubahan (*gray scale*) warna nilai *F-ratio* untuk ketiga faktor yang berpengaruh signifikan secara berurutan adalah 41,14; 28,57; dan 23,14 dan untuk tingkat penodaan warna (*staining scale*) nilai *F-ratio* untuk ketiga faktor yang berpengaruh signifikan secara berurutan adalah 44,31; 37,23; dan 24,92. Nilai *F-ratio* yang besar pastinya juga diikuti dengan nilai persen kontribusi yang besar pula. Untuk tingkat perubahan (*gray scale*) warna, jenis bahan pengunci menjadi faktor dengan persen kontribusi terbesar yaitu 29,09% lalu jenis zat pewarna sebesar 19,989% dan waktu pencucian sebesar 16,05% dan untuk tingkat penodaan warna (*staining scale*) jenis bahan pengunci

menjadi faktor dengan persen kontribusi terbesar yaitu 29,88% lalu jenis zat pewarna sebesar 25,00% dan waktu pencucian sebesar 16,51%

2. Berdasarkan perhitungan tabel respon baik nilai rata-rata maupun nilai *Signal Noise to Ratio* untuk tingkat perubahan warna (*gray scale*) dan tingkat penodaan warna (*staining scale*) didapatkan hasil yang sama. Untuk kedua parameter tersebut didapatkan *setting* level faktor optimal yang sama dari faktor-faktor terkendali yaitu faktor A level 1 (jenis kain katun), faktor B level 1 (jenis zat pewarna polkatif), faktor C level 2 (jenis bahan pengunci HCL + Nitrit), faktor D level 2 (rasio bahan pengunci 1:2), faktor E level 2 (waktu pencelupan 3 kali), faktor F level 2 (waktu pencucian 3 jam), dan faktor G level 1 (jenis air sumur PDAM). Pemilihan *setting* level optimal tersebut semakin valid dengan dilakukannya eksperimen konfirmasi sebanyak 10 replikasi. Hasil eksperimen konfirmasi untuk kedua indikator menunjukkan adanya irisan antara selang kepercayaan dari eksperimen Taguchi yang dilakukan diawal dengan eksperimen konfirmasi diakhir yang hasilnya dapat disimpulkan bahwa eskperimen konfirmasi dapat diterima. Berdasarkan hasil eksperimen konfirmasi didapatkan nilai untuk untuk tingkat perubahan warna (*gray scale*) didapatkan nilai terendah 4 dan yang tertinggi 5, sementara untuk tingkat penodaan warna (*staining scale*) didapatkan nilai terendah yaitu 4 dan yang tertinggi 4,5. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kualitas ketahanan luntur warna batik cap terhadap pencucian termasuk kategori evaluasi tahan luntur warna yang baik hingga baik sekali, sehingga batik cap telah memenuhi persyaratan mutu batik cap menurut SNI syarat mutu batik cap (SNI 8303:2016) karena berada di atas nilai 3-4.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan antara lain:

1. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan pengujian ketahanan luntur warna terhadap pencucian berdasarkan parameter tingkat penodaan warna (*staining scale*) terhadap jenis kain selain rayon yaitu wol, akrilik, polyester, nylon dan kapas sehingga dapat diketahui tingkat penodaan warna pada jenis kain lainnya agar sesuai dengan SNI SNI 8303:2016.
2. Perusahaan sebaiknya dapat mempertimbangkan kombinasi level dan faktor yang telah dilakukan pada eksperimen ini agar dapat meningkatkan kualitas batik cap dari segi ketahanan luntur warna terhadap pencucian sehingga dapat menurunkan tingkat keluhan pelanggan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, M., Diyah, B. S., & Wijana, S. (2015). Pengaruh Bahan Fiksasi terhadap Ketahanan Luntur dan Intensitas Warna Kain Mori Batik Hasil Pewarnaan Ekstrak Kulit Kayu Mahoni (*Switenia mahagoni* (L) Jacq.). *Prosiding Seminar Agroindustri dan Lokakarya Nasional FKPT-TPI*, 10.
- Andriani, D. P., Rizky, D. A., & Setyanto, N. W. (2018). Analisis Perbaikan Kualitas pada Batik Tulis Malang menggunakan Metode Taguchi. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Industri*.
- Anggraini, R. (2012). Kandungan Logam Air Sumur dan Air PDAM dengan Sistem Pendeteksi Kelayakan Air Minum (Elektrolizer Air) di Kecamatan Sumbersari. *Ilmu Kesehatan Gigi dan Masyarakat*.
- Arini, D. (2004). *Pendendalian Kualitas Statistik (Pendekatan Kuantitatif dalam Manajemen Kualitas)*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Asti, M., & Arini B., A. (2011). *Warisan Adiluhung Nusantara*. Yogyakarta: ANDI.
- Belavendram, N. (1995). *Quality By Design: Taguchi Techniques for Industrial Experimentation*. London: Prentice Hall.
- Fajar, M., Saufik, N., & Zulfah, L. (2017). Penerapan Metode Taguchi untuk Meningkatkan Kualitas Kain Tenun pada Sentra Industri Kain Tenun Kabupaten Pemalang. *Program Studi Teknik Industri Universitas Pancasakti Tegal*.
- Farid, A., Luthfianto, S., & Siswiyanti. (2014). Penerapan Setting Level Optimal Menggunakan Metode Taguchi pada Proses Produksi Batik Tulis untuk Meningkatkan Kualitas Produk di Sentra Industri Batik Tulis Kalinyamat Wetan Kota Tegal. *Spektrum Industri, Vol.12, No.2*, 113-247.
- Ishak, A. (2002). Rekayasa Kualitas. *Fakultas Teknik Jurusan Teknik Industri Universitas Sumatera Utara*, 1-24.
- Lisbijanto, H. (2013). *Batik*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Luthfianto, S. (2014). Penerapan Setting Level Optimal pada Batik Tulis Tegal Terhadap Ketahanan Luntur Warna Gosokan Kain Menggunakan Metode Taguchi. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri, Vol. 2, No. 1*, 8-13, 5.
- Mutmainah, D. A. (2016, 11 21). *cnnindonesia.com/ekonomi*. Retrieved from *cnnindonesia.com*: <https://www.cnnindonesia.com/ekonomi/20161121122525-92-174080/kontribusi-umkm-terhadap-pdb-tembus-lebih-dari-60-persen>
- Setyawan, B. A., & Tua, L. M. (2016). Analisa Kekuatan dan Ketahanan Luntur Kain Loreng "Indian Army" Berbasis Standar Nasional Indonesia. *Bina Teknika Vol. 12*, 69-78.
- Soejanto, I. (2009). *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sudjana. (1995). *Desain dan Analisis Eksperimen Edisi IV*. Bandung: Tarsito.

- Sugiyono. (2012). *Metode Penelitian Kombinasi (Mixed Methods) (Edisi 3)*. Bandung: Alfabeta.
- Suheryanto, D. (2010). Optimalisasi Celupan Ekstrak Daun Mangga pada Kain Batik Katun dengan Iring Kapur. *Seminar Rekayasa Kimia dan Proses*.
- Sunarto. (2008). *Teknik Pencelupan dan Pencapan untuk Sekolah Menengah Kejuruan*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Zahra Fona, S. (2016). Pengujian Ketahanan Luntur Terhadap Pencucian dan Gosokan Tekstil Hasil Pewarnaan dengan Ekstrak Curcumin Induk Kunyit. *Seminar Nasional Inoavasi IPTEK Perguruan Tinggi untuk Meningkatkan Kesejahteraan Masyarakat*, 372-379.

